



### PROTEKSI ISI PROPOSAL

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi proposal ini dalam bentuk apapun kecuali oleh pengusul dan pengelola administrasi pengabdian kepada masyarakat

### PROPOSAL PENELITIAN 2024

Rencana Pelaksanaan Penelitian: tahun 2024 s.d. tahun 2024

#### 1. JUDUL PENELITIAN

Pengembangan MindPro, Model Prediksi Beban Kerja Mental berbasis Sinyal Fisiologi dengan Hybrid Machine Learning dan Analisis Cross Dataset

Bidang Fokus	Tema	Topik (jika ada)	Prioritas Riset
Teknologi Informasi dan Komunikasi	Pengembangan sistem berbasis Kecerdasan buatan	Pengembangan aplikasi sistem cerdas	Digital Economy

Rumpun Ilmu Level 1	Rumpun Ilmu Level 2	Rumpun Ilmu Level 3
ILMU TEKNIK	TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA	Teknik Perangkat Lunak

Skema Penelitian	Strata (Dasar/Terapan/Pengembangan)	Nilai SBK	Target Akhir TKT	Lama Kegiatan
Penelitian Dosen Pemula	Riset Dasar	50.000.000	3	1 Tahun

#### 2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Jenis	Program Studi/Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta
AUDITYA PURWANDINI SUTARTO 0011067801  Ketua Pengusul Universitas Qomaruddin	Dosen	Teknik Industri	Koordinator & penanggung jawab seluruh kegiatan operasional penelitian, pengembangan model, penyusunan laporan penelitian dan naskah publikasi	<a href="#">6705687</a>
ADE HENDI 0719107804  Anggota Universitas Qomaruddin	Dosen	Teknik Informatika	Pengembangan model, , pengolahan data, membantu menyusun laporan	<a href="#">6779437</a>

#### 3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (Jika Ada)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra	Dana
-------	------------	------

#### 4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

##### Luaran Wajib

Tahun Luaran	Kategori Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian	Keterangan
1	Artikel di Jurnal	Artikel di Jurnal Bereputasi Internasional	Accepted/Published	<a href="https://ijai.iaescore.com/index.php/IJAI">https://ijai.iaescore.com/index.php/IJAI</a> , IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI), Institute of Advanced Engineering and Science (IAES)

## 5. ANGGARAN

Rencana Anggaran Biaya penelitian mengacu pada PMK dan buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang berlaku.

**Total RAB 1 Tahun Rp47.660.000,00**

**Tahun 1 Total Rp47.660.000,00**

Kelompok	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	ATK, FC, kertas	Paket	4	500.000	2.000.000
Bahan	ATK	Tinta Printer	Paket	1	1.000.000	1.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	chest strap polar	Unit	2	500.000	1.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Komite Etik	Unit	10	100.000	1.000.000
Bahan	Barang Persediaan	Mindfield e-sense response device	Unit	1	5.000.000	5.000.000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	Asisten eksp	OJ	120	25.000	3.000.000
Pengumpulan Data	Transport	Transport	OK (kali)	5	200.000	1.000.000
Pengumpulan Data	Uang Harian	Rapat 2 peneliti luar kantor	OH	4	140.000	560.000
Pengumpulan Data	Uang Harian	Perjalanan Dinas dalam kota lebih dari 8 jam	OH	4	160.000	640.000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	Peneliti dan Asisten	OH	60	50.000	3.000.000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	Responden	OH	30	50.000	1.500.000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	GSR	Unit	4	500.000	2.000.000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sensor polar	Unit	4	500.000	2.000.000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Komputer	Unit	4	500.000	2.000.000
Sewa Peralatan	Obyek penelitian	Responden	Unit	30	150.000	4.500.000
Analisis Data	HR Pengolah Data	paket	P (penelitian)	1	1.500.000	1.500.000
Analisis Data	Honorarium narasumber	Expert Machine Learning	OJ	3	900.000	2.700.000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis Data	Unit	300	25.000	7.500.000
Analisis Data	Transport Lokal	transport	OK (kali)	4	200.000	800.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Uang harian rapat di luar kantor	Rapat	OH	4	140.000	560.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Biaya konsumsi rapat	Rapat	OH	8	50.000	400.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Bereputasi Internasional	APC Jurnal	Paket	10	400.000	4.000.000



Isian Substansi Proposal

## SKEMA PENELITIAN DASAR (PENELITIAN DOSEN PEMULA AFFIRMASI, PENELITIAN DOSEN PEMULA, PENELITIAN PASCASARJANA)

Pengusul hanya diperkenankan mengisi di tempat yang telah disediakan sesuai dengan petunjuk pengisian dan tidak diperkenankan melakukan modifikasi template atau penghapusan di setiap bagian.

### A. JUDUL

Tuliskan judul usulan penelitian maksimal 20 kata

**Pengembangan MindPro, Model Prediksi Beban Kerja Mental berbasis Sinyal Fisiologi dengan Hybrid Machine Learning dan Analisis Cross Dataset**

### B. RINGKASAN

Isian ringkasan penelitian tidak lebih dari 300 kata yang berisi urgensi, tujuan, metode, dan luaran yang ditargetkan

Perkembangan pesat teknologi dalam era digital ekonomi menuntut beban kerja mental tinggi bagi pekerja semua industri. Hal ini memicu kebutuhan sistem pemantauan *real time* yang dapat memprediksi *mental workload* demi menjaga produktivitas dan *well-being*, serta mengurangi kesalahan dan kecelakaan kerja.

Model prediksi menggunakan sinyal fisiologi electrocardiography (ECG) dan electrodermal activity (EDA) dengan pendekatan *machine learning* (ML) berkembang pesat karena bersifat objektif, dapat digeneralisir untuk berbagai pekerjaan, dan mampu diukur kontinyu tanpa mengganggu aktivitas harian.

Penelitian ini merupakan kelanjutan penelitian kami yang menghasilkan akurasi 68% dengan satu jenis sinyal ECG. Adapun penelitian lain dengan akurasi di atas 80% belum menggunakan skenario simulasi *mental workload* di pekerjaan nyata.

Penelitian ini **bertujuan mengembangkan MindPro, suatu model hybrid ML untuk memprediksi mental workload berdasarkan sinyal ECG dan EDA** dengan simulasi pekerjaan sesungguhnya, guna mengatasi isu performa dan efisiensi pada model sebelumnya. Penelitian ini juga mengeksplorasi *cross dataset* untuk menguji generalisasi model.

Tahap pertama penelitian adalah eksperimen untuk mendapatkan sinyal ECG dan EDA pada simulasi aktivitas pekerjaan. Tahap kedua adalah mengembangkan model hybrid ML melalui penggabungan single dan/atau dengan ensemble classifiers, serta *feature engineering*, mencakup *feature selection* dan *hyperparameter tuning*. Tahap ketiga adalah *cross dataset analysis*, yaitu menguji generalisasi model pada dataset publik.

**Kontribusi teoretis** penelitian ini adalah pemahaman komprehensif respon ECG dan EDA terhadap *mental workload* dan pengembangan model hybrid ML yang general, robust, dan optimal pada data baru. **Kontribusi praktis**, hasil penelitian mendukung pengembangan **MindPro**, sistem monitoring *mental workload* yang terintegrasi dengan *wearable devices* untuk meningkatkan *awareness* perubahan beban kerja mental dalam pekerjaan sehari-hari. Penelitian ini relevan dengan topik pengembangan aplikasi sistem cerdas dengan hasil tingkat kesiapan teknologi (**TKT 3**). Luaran penelitian akan dipublikasikan dalam **jurnal internasional bereputasi**.

### C. KATA KUNCI

Isian 5 kata kunci yang dipisahkan dengan tanda titik koma (;)

beban kerja mental; fisiologi; machine learning; monitoring; sistem cerdas

## **D. PENDAHULUAN**

*Pendahuluan penelitian tidak lebih dari 1000 kata yang terdiri dari:*

- *Latar belakang dan rumusan permasalahan yang akan diteliti*
- *Pendekatan pemecahan masalah*
- *State of the art dan kebaruan*
- *Peta jalan (road map) penelitian 5 tahun*

*Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan.*

### **D.1. LATAR BELAKANG DAN RUMUSAN MASALAH**

*Tuliskan latar belakang penelitian dan rumusan permasalahan yang akan diteliti, serta urgensi dari dilakukannya penelitian ini*

Perkembangan pesat teknologi mendorong pertumbuhan *digital economy* yang berfokus pada penggunaan luas sistem berbasis komputer dan *knowledge* di semua industri. Pergeseran ini menjadikan isu beban kerja mental semakin relevan, mengindikasikan pentingnya pemantauan beban kerja mental secara *real time* untuk mengurangi risiko *cognitive overload* yang dapat berdampak negatif pada keselamatan, produktivitas, dan *well-being*.

Metode konvensional pemantauan *mental workload* dengan kuesioner dan perubahan perilaku memiliki keterbatasan dalam akurasi, objektivitas, dan *timeliness* (1). Sebagai alternatif, sinyal fisiologi Electrocardiogram (ECG) dan Electrodermal Activity (EDA) yang mencerminkan perubahan aktivitas saraf simpatetis dan parasimpatetis sistem saraf otonomi telah terbukti valid, handal, dan objektif sebagai indikator *mental workload* (2,3). Pengukuran sinyal ini juga lebih praktis dibandingkan dengan electroencephalography (EEG) dan electromyography (EMG) sehingga lebih cocok diintegrasikan dalam *wearable devices* yang tidak mengganggu aktivitas harian.

Dalam dua dekade terakhir terjadi kemajuan signifikan di bidang *affective computing* yang menggabungkan sinyal fisiologi dengan *machine learning* untuk memprediksi stress dan emosi. Namun, aplikasi untuk *mental workload*, khususnya dalam konteks pekerjaan, masih terbatas. Penelitian kami sebelumnya yang hanya menggunakan sinyal ECG dengan pendekatan *ensemble learning* masih menghasilkan akurasi di bawah 70% (4,5). Ini menunjukkan perlunya menambahkan sinyal fisiologi lain seperti EDA. Selain itu, meskipun banyak dilakukan penelitian sebelumnya, masih jarang dikembangkan model hybrid ML khusus untuk memprediksi *mental workload*. Penelitian terdahulu juga masih menggunakan stimuli tugas yang dapat menginduksi *cognitive load*, tetapi pendekatan ini kurang aplikatif. Oleh karena itu, perlu menggunakan simulasi aktivitas pekerjaan nyata yang relevan untuk penilaian lebih akurat (6).

Untuk menjawab *gaps* tersebut, penelitian ini bertujuan **mengembangkan model hybrid ML yang memproses sinyal ECG dan EDA untuk memprediksi mental workload**. Model ini akan mengatasi kekurangan performansi *single classifiers* dan kompleksitas *deep learning*, serta melibatkan multi strategi dalam *feature engineering*. Penelitian ini juga termasuk yang pertama mengeksplorasi generalisasi model hybrid untuk prediksi *mental workload* dengan melakukan validasi pada dataset publik. Penelitian ini menjadi basis pengembangan **MindPro**, sistem pemantauan *mental workload* yang mengintegrasikan model ML dengan sensor ECG dan EDA dalam suatu *wearable device* yang dapat diimplementasikan sehari-hari untuk meningkatkan *awareness* pada perubahan *mental workload*. Fokus riset ini adalah **pengembangan sistem berbasis kecerdasan buatan** untuk mendukung **ekonomi digital**.

## D.2. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

*Tuliskan pendekatan dan strategi pemecahan masalah yang telah dirumuskan*

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui dua metode spesifik. Pertama, **riset eksperimen** untuk mendapatkan data sinyal ECG dan EDA pada berbagai level beban kerja mental. Kedua, **riset prediktif** melalui pengembangan model hybrid ML yang komprehensif dengan menerapkan berbagai strategi dalam *feature engineering* untuk mengoptimalkan performansi model dan cross dataset analysis data set publik untuk meningkatkan *robustness* dan generalisasi.

## D.3. STATE OF THE ART DAN KEBARUAN

*Tuliskan keunggulan dari pemecahan masalah yang ditawarkan pengusul dibandingkan dengan penelitian pengusul sebelumnya atau peneliti lainnya dalam konteks permasalahan yang sama, serta kebaruan usulan dari aspek pendekatan, metode, dsb*

Dalam *human factors*, istilah *mental workload* sering digunakan bergantian dengan *cognitive load* (7), dikarenakan keduanya berkaitan dengan kapasitas terbatas dari *working memory* saat menangani tugas-tugas. *Cognitive load* sendiri merupakan suatu konsep luas yang mencakup *mental workload*, *mental effort*, dan performansi kerja, dengan setiap konsep memiliki identitas unik dan bisa dimodifikasi melalui desain tugas dan instruksi (8).

Dalam literatur *affective computing*, model ML lebih banyak terfokus pada prediksi stress dan emosi (9-11), namun hanya sedikit pada *mental workload* (6,12). Meskipun stress dan *mental workload* konsep yang berbeda, keduanya tetap berkaitan erat; stres dapat meningkatkan beban kerja mental yang

kemudian bisa menyebabkan kelelahan kognitif dan penurunan performa, sebaliknya, *mental workload* yang tinggi juga dapat memicu stres (13,14). Stres dianggap sebagai respon umum terhadap tekanan dari faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi kesehatan fisik dan mental, sedangkan *mental workload* berkaitan lebih spesifik dengan tuntutan kognitif dari suatu tugas yang dipengaruhi oleh kompleksitas tugas dan pemrosesan informasi. Penelitian menunjukkan secara fisiologis keduanya dapat dibedakan (14,15) sehingga penting mengembangkan model ML yang khusus dirancang untuk memprediksi *mental workload*, dengan menargetkan tuntutan kognitif yang lebih spesifik dibandingkan dengan stres. Hal ini memungkinkan penyesuaian *real time* sesuai kapasitas kognitif individu untuk mencegah *cognitive overload*.

Tabel 1 merangkum penelitian terdahulu berbasis eksperimen kustom dan pendekatan ML untuk memprediksi stress dan *mental workload* dengan akurasi berkisar 66.0- 96.0%. Namun, akurasi ini sesungguhnya sukar dibandingkan, mengingat perbedaan sensor, jenis stressor atau stimuli, dan pendekatan analisis pre-processing yang diterapkan. Salah satu solusinya adalah *cross dataset analysis* pada dataset khusus *mental workload*, agar dapat mengevaluasi generalisasi model secara lebih luas. Sementara itu, model hybrid pernah dikembangkan Ding (16), namun model dibangun berdasarkan dataset publik yang berfokus pada respon stress bukan *mental workload* dan tidak dilakukan generalisasi pada *unseen data*. Selain itu, stimuli/skenario tugas yang digunakan dalam penelitian di Tabel 1 kurang mencerminkan aktivitas pekerjaan sesungguhnya.

Berdasarkan uraian di atas, kebaruan penelitian ini adalah:

1. Perbaikan protokol eksperimen penelitian sebelumnya (4,5), melalui penambahan sinyal EDA dan simulasi *mental workload* menyerupai pekerjaan sesungguhnya.
2. Pengembangan model hybrid ML yang berperforma tinggi namun efisien.
3. Penggunaan multi strategi untuk optimasi dan pengujian generalisasi model pada dataset publik yang dapat menjadi panduan penelitian selanjutnya untuk meningkatkan generalisasi model.

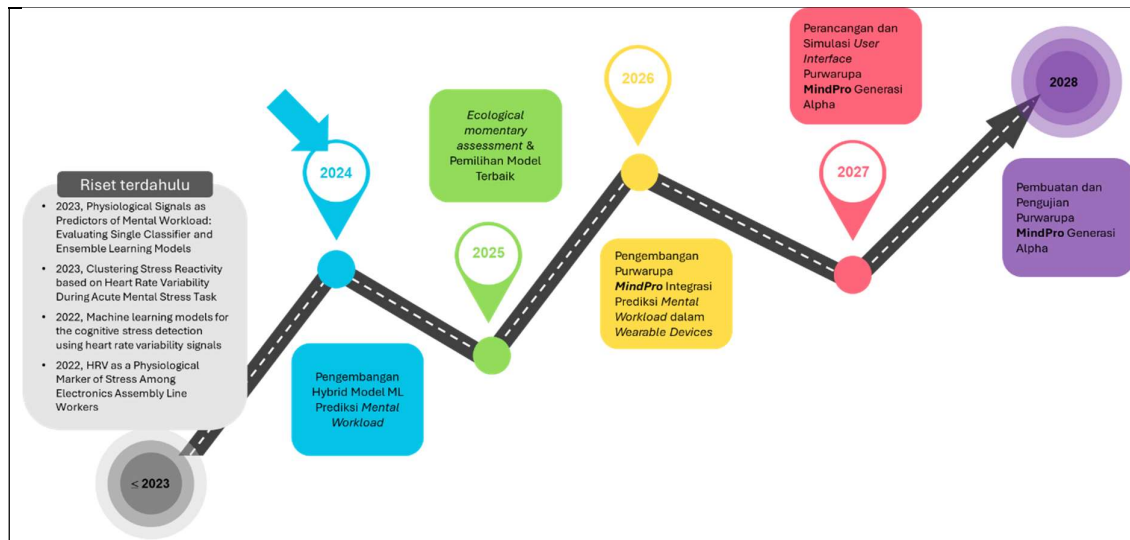
**Tabel 1.** Penelitian terdahulu yang relevan

<b>Studi, Tahun</b>	<b>Jumlah Subjek</b>	<b>Stimuli / Stressor</b>	<b>Sinyal</b>	<b>Label</b>	<b>ML Classifier &amp; Akurasi Terbaik</b>
(17), 2024	44	Social Stress Test, speech, arithmetic	rPPG	Stress	CNN, 95.83%
(5), 2023	34	d2 attention, switcher task	ECG	Cognitive	SVM, 68.35%
(18), 2021	6	DESY dataset	BVP, EDA, TEMP, ACC	Stress	RNN, 71.0%
(19), 2020	23	Maastricht Acute Stress Test	EOG, ECG	Stress	XGB, 94.0%
(20), 2019	24	social exposure, stressful event recall, stressful videos	ECG	Stress	RF, 75.1%
(21), 2019	16	Psychomotor vigilance, N-back, visual search	ECG, EDA	Cognitive	kNN, 66.0%
(22), 2017	23	N-back	ACC, EDA, PPG, TEMP	Cognitive	DT, 68.2%
(23), 2016	14	Memorize items, Stroop, recall items	ECG, EDA, PPG, touch	Cognitive	Gaussian process 96.03%

#### **D.4. PETA JALAN PENELITIAN**

*Tuliskan peta jalan penelitian dari tahapan yang telah dicapai, tahapan yang akan dilakukan selama jangka waktu penelitian, dan tahapan yang direncanakan.*

Gambar 1 menunjukkan peta jalan penelitian yang telah diawali tahun 2023 dan sebelumnya hingga lima tahun mendatang termasuk TKT yang dihasilkan



Tahun	Tahapan Kegiatan	Expected Outputs	Expected Outcomes	TKT akhir
2024: Pengembangan Hybrid Model Klasifikasi Mental Workload	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laboratory Experiment (N = 30)</li> <li>▪ Pengembangan Model Hybrid ML</li> <li>▪ Cross Dataset Analysis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hasil eksperimen</li> <li>▪ Model Hybrid ML</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Publikasi ilmiah di Jurnal Nasional SINTA 1 atau Jurnal Internasional bereputasi</li> </ul>	3
2025: Ecological Momentary Assessment & Pemilihan Model Terbaik	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ecological momentary assessment melalui eksperimen pada pekerja di lingkungan kerja sesungguhnya</li> <li>▪ Evaluasi Model terbaik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hasil eksperimen</li> <li>▪ Model terbaik untuk Deployment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Publikasi ilmiah di Jurnal Internasional bereputasi Q3</li> </ul>	3
2026: Pengembangan Purwarupa MindPro Integrasi Klasifikasi Mental Workload dalam Wearable Devices	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analisis komparasi sistem yang beredar di pasaran dan identifikasi kebutuhan user</li> <li>▪ Pengembangan konsep purwarupa yang mengintegrasikan perangkat keras (wearable devices) dan model ML terpilih</li> <li>▪ Pengujian purwarupa dalam lingkungan sederhana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hasil analisis komparasi dan kebutuhan user</li> <li>▪ Desain konseptual purwarupa</li> <li>▪ Hasil Pengujian</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Publikasi ilmiah di Jurnal Internasional bereputasi Q2</li> </ul>	4
2027: Perancangan dan Simulasi User Interface Purwarupa MindPro Generasi Alpha	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pengembangan purwarupa MindPro generasi alpha</li> <li>▪ Simulasi pengujian user interface</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rancangan Purwarupa MindPro Generasi Alpha</li> <li>▪ Rekomendasi perbaikan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Publikasi ilmiah di Jurnal Internasional bereputasi Q2/Q1</li> </ul>	5
2028: Pembuatan dan Pengujian Purwarupa MindPro Generasi Alpha	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pembuatan purwarupa generasi alpha</li> <li>▪ Pengujian purwarupa generasi alpha pada pekerja dalam suatu sistem kerja nyata, mencakup fungsionalitas, kinerja, dan usabilitas</li> <li>▪ Penyusunan program Implementasi dan Diseminasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hasil pengujian purwarupa MindPro generasi Alpha</li> <li>▪ Rancangan program implementasi pada sistem kerja nyata</li> <li>▪ HKI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Publikasi ilmiah di Jurnal Internasional bereputasi Q1</li> </ul>	6

**Gambar 1.** Rincian Peta Penelitian

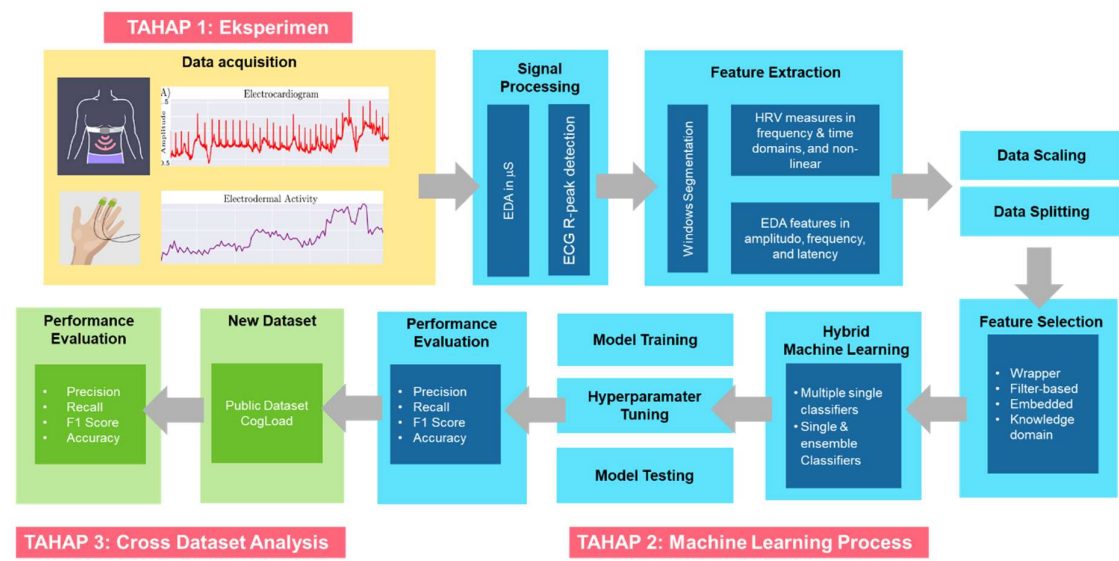
## E. METODE

Isian metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan tidak lebih dari 1000 kata. Pada bagian metoda wajib dilengkapi dengan:

- Diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG.
- Metode penelitian harus memuat, sekurang-kurangnya proses, luaran, indikator capaian yang ditargetkan, serta anggota tim/mitra yang bertanggung jawab pada setiap tahapan penelitian.
- Metode penelitian harus sejalan dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Metode penelitian tahun pertama (2024) diusulkan terdiri atas tiga tahapan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2, yang mencakup: 1) pelaksanaan

eksperimen di laboratorium; 2) pengembangan model; 3) cross-set data analysis. Secara lebih rinci, langkah-langkah dalam setiap tahapan adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.** Skema Diagram Alir Tahapan Penelitian Klasifikasi Beban Kerja Mental

### Tahap 1 Eksperimen

Data primer akan dikumpulkan melalui eksperimen dengan rincian aktivitas meliputi:

- Penyusunan protokol intervensi** berdasarkan rekomendasi terkini pengukuran sinyal tubuh untuk riset terkait psikofisiologi dalam *mental workload* (2,5,24), yang mencakup:
  - Jenis beban kerja mental dengan simulasi aktivitas pekerjaan nyata
  - Durasi eksperimen
  - Kontrol terhadap faktor perancu
  - Prosedur eksperimen
- Perancangan desain eksperimen** mencakup
  - Variabel penelitian
    - ✓ Variabel independen: kondisi (*scenario pengujian*), jenis tes *mental workload*
    - ✓ Variabel dependen: skor beban kerja mental secara subjektif, output HRV hasil analisis data mentah dari software Kubios, output EDA dari aplikasi eSense (Mindfield)

- ✓ Variabel kontrol: Jenis kelamin, Usia, Konsumsi rokok, tingkat stress awal
- Populasi dan sampel.  
Populasi adalah laki-laki dan perempuan dewasa (di atas 18 tahun) yang tidak memiliki riwayat penyakit kronis dan/atau masalah kesehatan mental. Sampel akan diambil dari populasi dengan karakteristik yang tidak jauh berbeda untuk menghindari faktor perancu. Besar sampel ditentukan menggunakan bantuan analisis software *G-Power*
- Alat ukur
  - ✓ Polar H10 chest strap untuk mengukur sinyal ECG
  - ✓ eSense Skin Response (Mindfield) untuk mengukur sinyal EDA
  - ✓ *Simulated Mental workload Battery test* untuk menguji beban kerja mental yang menyerupai aktivitas sesungguhnya dalam skala laboratorium
  - ✓ Kuesioner NASA TLX [34] untuk mengukur beban kerja mental secara subjektif
  - ✓ Aplikasi Polar Flow untuk merekam data ECG dari polar H10
  - ✓ Aplikasi eSense untuk merekam data EDA dari eSense Skin Response
  - ✓ Kubios HRV untuk mengolah data ECG menjadi fitur HRV

### c. **Pelaksanaan eksperimen**

Pelaksanaan eksperimen dijalankan dengan mengikuti protokol yang telah disusun dengan ketat, dimulai dengan pengaturan dan kalibrasi alat ukur, pemberian instruksi kepada partisipan, pengumpulan data, dan de-briefing peserta. Setiap peserta akan mendapatkan minimal tiga sesi pengukuran, yaitu *baseline* (kondisi awal), *reactivity* (saat diberikan stimulus *mental workload*), dan *recovery* (pemulihan).

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan mematuhi prinsip-prinsip etika dalam Deklarasi Helsinki mengenai penelitian yang melibatkan subjek manusia, termasuk keikutsertaan yang sepenuhnya sukarela dan penjaminan anonimitas peserta.

## Tahap 2 Proses Machine Learning Building

Data ECG dan EDA menjadi input dalam pengembangan model *hybrid machine learning*. Proses machine learning diringkaskan dalam Gambar 2 yang diuraikan lebih rinci sebagai berikut:

- a. Signals processing
  - Signals Filtering
  - Deteksi sinyal ECG dalam format QRS menjadi jarak antar puncak denyut jantung atau R-R interval
  - Deteksi sinyal EDA dalam format microsiemens ( $\mu\text{S}$ )
- b. Feature Extraction
  - Time windows segmentation
  - R-R interval diubah menjadi berbagai fitur heart rate variability (HRV) dalam time dan frequency domain dan fitur non-linear
  - Ukuran EDA ( $\mu\text{S}$ ) dianalisis sebagai *skin conductance response* (SCR) dalam bentuk amplitudo, frequency, dan latency
- c. Data Scaling
- d. Data Splitting menjadi set data training dan test
- e. Feature Selection untuk memilih fitur yang dapat memberikan performansi optimal. Dalam penelitian ini digunakan beberapa metode berdasarkan rekomendasi penelitian terdahulu, yaitu (25-27)
  - Wrapper-based, misal Sequential Backward Floating Search
  - Filter-based, misal Minimum redundancy maximum relevancy
  - Embedded, misal Gini impurity
  - Knowledge Domain
- f. Hybrid ML Model Building. Model hybrid dapat dibangun berdasarkan kombinasi berikut
  - Multi single classifiers
  - Single classifier dan Ensemble learning
- g. Model Training. Model hybrid ML dibangun menggunakan data training
- h. Hyperparameter Tuning. Proses ini melibatkan pencarian secara sistematis berbagai kombinasi nilai hyperparameter untuk mendapatkan model dengan kriteria performansi terbaik.
- i. Model Evaluation. Kriteria performansi yang digunakan adalah akurasi, presisi, recall, dan F1-score

j. Model Testing. Model diuji pada data test

### Tahap 3 Cross Dataset Analysis

Pada tahap ini dilakukan validasi pada *unseen data*, yaitu menguji data pada dataset publik CogLoad (28). Data tersebut dapat diakses di <https://github.com/MartinGjoreski/martingjoreski.github.io/blob/master/files/CogDatasets.rar>.

Setelah pengujian pada dataset publik, selanjutnya dilakukan evaluasi ulang kriteria performansi model.

## F. JADWAL PENELITIAN

*Jadwal penelitian disusun berdasarkan pelaksanaan penelitian, harap disesuaikan berdasarkan lama tahun pelaksanaan penelitian*

[Tahun ke-1

No	Nama Kegiatan	Bulan												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2	Pengembangan Kerangka Model		■	■										
3	Perancangan Desain Studi		■	■										
4	Pengajuan Ijin ke Komite Etik Penelitian			■	■									
5	Pelaksanaan Eksperimen					■	■							
6	Pengolahan Data						■	■						
7	Pengembangan Model Hybrid							■	■					
8	Analisis Cross dataset								■	■				
9	Penyiapan Naskah Publikasi									■	■			
10	Penulisan Laporan Akhir										■	■	■	

## G. DAFTAR PUSTAKA

*Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.*

1. Lee KFA, Gan WS, Christopoulos G. Biomarker-informed machine learning model of cognitive fatigue from a heart rate response perspective. *Sensors*. 2021;21(11):1-16.

2. Charles RL, Nixon J. Measuring mental workload using physiological measures: A systematic review. *Appl Ergon* [Internet]. 2019;74(September 2016):221-32. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.08.028>
3. Tao D, Tan H, Wang H, Zhang X, Qu X, Zhang T. A systematic review of physiological measures of mental workload. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(15):1-23.
4. Izzah N, Sutarto AP, Hariyadi M. Machine Learning models for the Cognitive Stress Detection Using Heart Rate Variability Signals. *Jurnal Teknik Industri* [Internet]. 2022 Nov 24;24(2):83-94. Available from: <https://jurnalindustri.petra.ac.id/index.php/ind/article/view/25054>
5. Izzah N, Sutarto AP, Hendi A, Ainiyah M, Wahab MNBA. Physiological Signals as Predictors of Mental Workload: Evaluating Single Classifier and Ensemble Learning Models. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*. 2023 Dec 18;22(2):81-98.
6. Seitz J, Maedche A. Biosignal-Based Recognition of Cognitive Load: A Systematic Review of Public Datasets and Classifiers. In: Davis FD, Riedl R, Vom Brocke J, Léger PM, Randolph AB, Müller-Putz GR, editors. *Information Systems and Neuroscience* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2022. p. 35-52. Available from: [https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-13064-9\\_4](https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-13064-9_4)
7. Vanneste P, Raes A, Morton J, Bombeke K, Van Acker BB, Larmuseau C, et al. Towards measuring cognitive load through multimodal physiological data. *Cognition, Technology and Work* [Internet]. 2021;23(3):567-85. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10111-020-00641-0>
8. Paas F, Tuovinen JE, Tabbers H, Van Gerven PWM. Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educ Psychol* [Internet]. 2003 Jan;38(1):63-71. Available from: [https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1207/S15326985EP3801\\_8](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1207/S15326985EP3801_8)
9. Gedam S, Paul S. A Review on Mental Stress Detection Using Wearable Sensors and Machine Learning Techniques. *IEEE Access* [Internet]. 2021;9:84045-66. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9445082/>
10. Giannakakis G, Grigoriadis D, Giannakaki K, Simantiraki O, Roniotis A, Tsiknakis M. Review on Psychological Stress Detection Using Biosignals. *IEEE Trans Affect Comput* [Internet]. 2022 Jan;13(1):440-60. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8758154/>
11. Bota PJ, Wang C, Fred ALN, Placido Da Silva H. A Review, Current Challenges, and Future Possibilities on Emotion Recognition Using Machine Learning and Physiological Signals. *IEEE Access*. 2019;7:140990-1020.
12. Gjoreski M, Mahesh B, Kolenik T, Uwe-Garbas J, Gjoreski H, Pejovic V, et al. Cognitive Load Monitoring with Wearables-Lessons Learned from a Machine Learning Challenge. *IEEE Access*. 2021;9:103325-36.

13. Alsuraykh NH, Wilson ML, Tennent P, Sharples S. How Stress and Mental Workload are Connected. In: Proceedings of the 13th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare [Internet]. Trento Italy: ACM; 2019. p. 371-6. Available from: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3329189.3329235>
14. Parent M, Peysakhovich V, Mandrick K, Tremblay S, Causse M. The diagnosticity of psychophysiological signatures: Can we disentangle mental workload from acute stress with ECG and fNIRS? *International Journal of Psychophysiology*. 2019 Dec;146:139-47.
15. Giorgi A, Ronca V, Vozzi A, Sciaraffa N, Di Florio A, Tamborra L, et al. Wearable technologies for mental workload, stress, and emotional state assessment during working-like tasks: A comparison with laboratory technologies. *Sensors*. 2021;21(7):1-21.
16. Ding C, Zhang Y, Ding T. A systematic hybrid machine learning approach for stress prediction. *PeerJ Comput Sci [Internet]*. 2023 Feb;9:e1154. Available from: <https://peerj.com/articles/cs-1154>
17. Fontes L, Machado P, Vinkemeier D, Yahaya S, Bird JJ, Ihianle IK. Enhancing Stress Detection: A Comprehensive Approach through rPPG Analysis and Deep Learning Techniques. *Sensors [Internet]*. 2024 Feb;24(4):1096. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/4/1096>
18. Albertetti F, Simalastar A, Rizzotti-Kaddouri A. Stress Detection with Deep Learning Approaches Using Physiological Signals. In: Goleva R, Garcia NRDC, Pires IM, editors. *IoT Technologies for HealthCare [Internet]*. Cham: Springer International Publishing; 2021. p. 95-111. Available from: [https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-69963-5\\_7](https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-69963-5_7)
19. Pettersson K, Tervonen J, Narvainen J, Henttonen P, Maattanen I, Mantyjarvi J. Selecting Feature Sets and Comparing Classification Methods for Cognitive State Estimation. *Proceedings - IEEE 20th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering, BIBE 2020*. 2020;683-90.
20. Giannakakis G, Marias K, Tsiknakis M. A stress recognition system using HRV parameters and machine learning techniques. *2019 8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos, ACIIW 2019*. 2019;269-72.
21. Posada-Quintero HF, Bolkhovskiy JB. Machine learning models for the identification of cognitive tasks using autonomic reactions from heart rate variability and electrodermal activity. *Behavioral Sciences*. 2019;9(4).
22. Gjoreski M, Luštrek M, Gams M, Gjoreski H. Monitoring stress with a wrist device using context. *J Biomed Inform [Internet]*. 2017 Sep;73:159-70. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1532046417301855>
23. Hörmann T, Hesse M, Christ P, Adams M, Menßen C, Rückert U. Fine-grained prediction of cognitive workload in a modern working environment by utilizing short-term physiological parameters. *BIOSIGNALS 2016 - 9th*

International Conference on Bio-Inspired Systems and Signal Processing, Proceedings; Part of 9th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, BIOSTEC 2016. 2016;4(Biostec):42-51.

24. Laborde S, Mosley E, Thayer JF. Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research - Recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Front Psychol.* 2017;8(213).
25. Radovic M, Ghalwash M, Filipovic N, Obradovic Z. Minimum redundancy maximum relevance feature selection approach for temporal gene expression data. *BMC Bioinformatics* [Internet]. 2017 Dec;18(1):9. Available from: <https://bmcbioinformatics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12859-016-1423-9>
26. Pham T, Lau ZJ, Chen SHA, Makowski D. Heart rate variability in psychology: A review of HRV indices and an analysis tutorial. *Sensors.* 2021;21(12):1-20.
27. Dahal K, Bogue-Jimenez B, Doblaz A. Global Stress Detection Framework Combining a Reduced Set of HRV Features and Random Forest Model. *Sensors* [Internet]. 2023 May;23(11):5220. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/11/5220>
28. Gjoreski M, Kolenik T, Knez T, Luštrek M, Gams M, Gjoreski H, et al. Datasets for cognitive load inference using wearable sensors and psychological traits. *Applied Sciences (Switzerland).* 2020;10(11).



**PERSETUJUAN PENGUSUL**

Tanggal Pengiriman	Tanggal Persetujuan	Nama Pimpinan Pemberi Persetujuan	Sebutan Jabatan Unit	Nama Unit Lembaga Pengusul
18/03/2024	21/03/2024	SUPARNO	Ketua	Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Qomaruddin

**Komentar : Disetujui**

Usulan disetujui