

## BAB 2

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. *Exploratory Data Analysis (EDA)*

*Exploratory Data Analysis (EDA)* adalah pendekatan Filosofi untuk melakukan analisis data dengan menggunakan berbagai teknik yang kebanyakan adalah menggunakan grafik. EDA banyak digunakan untuk Memaksimalkan wawasan ke dalam kumpulan data, Mengungkap struktur data, Ekstrak variabel yang penting, Mendeteksi *outlier* dan *anomaly*, Melakukan uji asumsi, Mengembangkan model, serta Menentukan faktor yang optimal. Sebagian besar teknik EDA bersifat grafis dengan beberapa teknik kuantitatif. Peran utama EDA adalah untuk mengeksplorasi data secara terbuka, dan dengan grafik dapat memperkuat analisis yang dilakukan. Berikut adalah beberapa teknik grafis sederhana yang seringkali digunakan.

- a. Plotting data mentah seperti *data traces*, *histograms*, *bihistograms*, *probability plots*, *lag plots*, *block plots*, dan *Youden plots*.
- b. Plotting statistik sederhana seperti *mean plots*, *standard deviation plots*, *box plots*.

*Exploratory Data Analysis (EDA)* memiliki 5 tahapan yaitu masalah, data, analisis, model, kemudian kesimpulan. Pada metode EDA, tidak diikuti dengan penerapan model, melainkan diikuti dengan tujuan yang menyimpulkan model apa yang cocok untuk digunakan [10].

*Exploratory Data Analysis (EDA)* merupakan langkah awal yang penting untuk setiap proses penemuan pengetahuan, di mana ilmuwan data secara interaktif mengeksplorasi kumpulan data asing dengan mengeluarkan urutan operasi analisis (misalnya filter, agregasi, dan visualisasi). Karena EDA sudah lama dikenal sebagai tugas yang sulit, maka membutuhkan keterampilan analitis yang mendalam, pengalaman, dan domain pengetahuan, serta sejumlah besar sistem yang telah dirancang untuk memfasilitasi EDA [11].

Module	System Type	Exploration Type	Personalization
EDA Recommender Systems	Data-Driven	Tuples Recommendation [11], Data Cube/OLAP [20, 38], Visualizations [46, 48]	No
	Log-Based	SQL [13] OLAP [1, 17, 49],	Yes
	Hybrid	Generic EDA [29, 31]	Yes
Predicting/Modeling Users' Interest	Dynamic Measure Prediction (kNN-based Classification)	Generic EDA [28]	Yes
	Modeling (Active Learning)	SQL/ Tuples Recommendations [10, 18]	Yes
	Modeling (Learning-to-Rank)	Visualizations [26]	No
Fully-Automated EDA	Seq2seq RNN	Visualizations [9]	No
	Deep Reinforcement Learning	Generic EDA [2, 30]	No

**Gambar 2.1. Rekomendasi Penggunaan EDA**

Pemberi rekomendasi yang didedikasikan oleh EDA yang memberikan saran kepada pengguna secara spesifik. Sistem seperti itu secara kasar dapat dibagi menjadi dua kategori: (1) data-driven (juga dikenal sebagai sistem berbasis penemuan), yang menggunakan gagasan heuristik tentang ketertarikan dan menggunakannya, misalnya, untuk menemukan subset data menyampaikan pola yang menarik, visualisasi data, dan ringkasan data. (2) Berbasis log sistem memanfaatkan log operasi eksplorasi sebelumnya, yang dilakukan oleh pengguna yang sama atau berbeda, untuk menghasilkan rekomendasi EDA yang lebih dipersonalisasi. Terakhir, metode hybrid yang memungkinkan pemanfaatan secara efektif baik log maupun kumpulan data yang saat ini sedang dieksplorasi [11].

Mengukur kemenarikan operasi eksplorasi adalah komponen penting dalam banyak sistem EDA. Banyak tindakan yang telah diusulkan untuk menilai daya tarik operasi analisis, masing-masing menangkap aspek yang berbeda dari konsep yang luas. Namun, seringkali subyektif dan dinamis berubah, bahkan dalam sesi eksplorasi yang sama. Penelitian terbaru memanfaatkan teknik pembelajaran mesin untuk memecahkan masalah: (1) Seleksi dinamis ukuran ketertarikan, di mana sistem memprediksi ukuran mana yang paling akurat menangkap minat pengguna, dan (2) model berbasis ML untuk minat pengguna menggunakan, mis., *active-learning* dan Teknik *learning-to-rank* [11].

Sedangkan sistem rekomendasi dan ketertarikan melalui teknik prediksi yang dijelaskan di atas mempercepat dan meningkatkan pengalaman eksplorasi,

untuk akhirnya mengurangi upaya manual di EDA untuk sepenuhnya mengotomatiskan proses eksplorasi, mengandalkan kemajuan dalam jaringan saraf yang dalam. Secara khusus menyajikan sebuah sistem untuk visualisasi data yang dihasilkan secara otomatis berdasarkan model jaringan saraf berulang *sequence-to-sequence*. Juga menyarankan untuk membuat seluruh sesi EDA, dengan memberikan input dataset yang menangkap sorotan kumpulan data dan aspek menarik. Hal ini dilakukan dengan merumuskan EDA sebagai masalah kontrol, dan pemecahannya dengan menggunakan pembelajaran yang mendalam. Sesi yang dihasilkan seperti itu, saat disajikan dalam buku catatan EDA, mengizinkan pengguna mendapatkan wawasan awal tentang kumpulan data mereka, sebelum mereka mulai menjelajahinya sendiri [11]. Terdapat beberapa pengujian statistik yang dapat membantu dalam proses penelitian ini, yaitu uji reliabilitas, uji linearitas, analisis korelasi, dan analisis ragam satu arah.

### 2.1.1. Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui apakah alat ukur yang digunakan dapat diandalkan dan tetap konsisten jika pengukuran tersebut diulang dan memastikan bahwa hasil yang didapatkan dapat dipercaya dan tidak terpengaruh oleh faktor lain. Terdapat kriteria reliabilitas yang dapat digunakan sebagai acuan [12].

**Tabel 2.1. Kriteria Reliabelitas Sebuah Variabel**

Koefisien Reliabilitas	Kriteria Reliabel
$0,8 \leq R_n \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,6 \leq R_n \leq 0,79$	Tinggi
$0,4 \leq R_n \leq 0,59$	Cukup
$0,2 \leq R_n \leq 0,39$	Rendah
$0,0 \leq R_n \leq 0,19$	Sangat Rendah

Terdapat beberapa nilai yang dibutuhkan yaitu, nilai varian setiap variabel, dengan rumus sebagai berikut [13].

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}{n}$$

Lalu selanjutnya adalah nilai varian total dengan rumus sebagai berikut

$$\sigma_T^2 = \frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n}$$

Terakhir adalah nilai reliabilitas variabel dengan rumus sebagai berikut

$$r_{11} = \left[ \frac{k}{k-1} \right] \left[ 1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_T^2} \right]$$

Dimana n adalah jumlah sampel, Xi adalah variabel-variabel yang dianalisis, dan k adalah total variabel yang dianalisis.

### 2.1.2. Uji Linearitas

Dalam analisis korelasi, uji linearitas digunakan untuk menentukan apakah ada hubungan linier antara dua variabel yang sedang dianalisis. Scatter plot merupakan alat grafis yang efektif untuk menguji linearitas ini. Dengan menempatkan satu variabel pada sumbu horizontal dan variabel lainnya pada sumbu vertikal, scatter plot dapat menunjukkan apakah titik-titik data tersebar membentuk pola yang mendekati garis lurus. Jika demikian, hal ini menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki korelasi linear yang kuat, yang berarti perubahan pada satu variabel cenderung diikuti oleh perubahan proporsional pada variabel lainnya [14].

Sebaliknya, jika scatter plot menunjukkan pola yang melengkung atau tidak konsisten, maka ini mengindikasikan bahwa korelasi antara kedua variabel tersebut tidak bersifat linear. Kondisi ini dapat mengisyaratkan perlunya metode analisis yang berbeda untuk menangkap hubungan yang ada. Oleh karena itu, scatter plot bukan hanya memverifikasi adanya korelasi linear, tetapi juga membantu mengidentifikasi jenis hubungan lainnya yang mungkin ada, serta keberadaan outlier yang bisa mempengaruhi hasil analisis korelasi secara signifikan.

### 2.1.3. Analisis Korelasi

Korelasi merupakan istilah dalam ilmu statistika yang menyatakan derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih. Kegunaannya untuk menyatakan ada atau tidaknya hubungan antara variabel  $x$  dengan variabel  $y$  [15].

#### 2.1.3.1. Korelasi Pearson

Korelasi pearson merupakan hubungan kuatnya antara dua variabel atau lebih. Koefisien korelasi *product* moment merupakan teknik korelasi yang digunakan untuk mencari hubungan dan membuktikan hipotesis hubungan dua variabel bila data dari dua variabel atau tersebut adalah sama [16]. Syarat – syarat data yang digunakan dalam korelasi pearson, diantaranya:

1. Berskala interval atau rasio
2. Variable  $X$  dan  $Y$  harus berifat independent satu dengan lainnya
3. Variable harus kuatitatif simetris.

Rumus koefisien korelasi pearson anantara variabel  $x$  dan  $y$  adalah sebagai berikut.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n\sum x^2 - (\sum x)^2\}\{n\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Keterangan :

- $n$  = Jumlah nilai  
 $x$  = Nilai variabel  $x$   
 $y$  = Nilai variabel  $y$   
 $r$  = Koefisien korelasi

Koefisien korelasi ( $r$ ) dapat bernilai positif (+) atau negative (-) dan berada pada rentang -1 dan 1. Jika  $r_{xy}$  mendekati -1 atau 1 maka hubungan keeratan dua variable semakin kuat. Jika nilainya mendekati 0, maka hubungan keeratan dua variable semakin lemah [16].

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

**Gambar 2.2. Interpretasi Terhadap Koefisien Korelasi**

### 2.1.3.2. Korelasi Spearman

Korelasi spearman adalah alat uji statistik yang digunakan untuk menguji dugaan tentang adanya hubungan antara variable apabila datanya berskala ordinal (rangking). Metode korelasi spearman adalah metode yang digunakan untuk skala ordinal atau rangking dan bebas distribusi (non-parametrik). Nilai korelasi berada diantara-1 sampai dengan 1. Apabila nilai korelasi yang didapatkan adalah 0 berarti hubungan antara variable  $x$  dan  $y$  yang dibangun tidak memiliki korelasi. Rumus sederhana yang digunakan untuk melakukan pengukuran pengukuran rangkingspearman adalah sebagai berikut [17]:

$$r_s = 1 - \frac{\sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

$r_s$  = nilai korelasi spearman

$\sum d^2$  = jumlah kuadrat dari selisih nilai rangking yang telah dihitung

$n$  = jumlah pasang nilai yang dihitung

### 2.1.3.3. Korelasi Kendalls

Korelasi kendalls merupakan jenis uji statistic nonparametric yang menggunakan skala pengukuran minimal ordinal. Korelasi kendalls dapa juga digunakan untuk mengkonstruksi parameter kelas. Dalam konsep korelasi kendalls dikenal dengan adanya istilah konkordan dan diskordan. Kelebihan dari korelasi ini adalah tidak terpengaruh oleh nilai-nilai *outlier* dan dapat digunakan meskipun bentuk hubungan antara variable random tidak bersifat linier [18]. Persamaan yang digunakan untuk menghitung korelasi kendalls yaitu:

$$\tau = \frac{(CD)}{(C+D)}$$

C = banyaknya pasangan cocok

D = banyaknya pasangan sumbang

#### 2.1.3.4. Korelasi Berganda

Korelasi berganda adalah suatu metode statistik yang digunakan untuk mengukur hubungan antara satu variable dependen (terikat) dengan dua atau lebih variable independent (bebas). Konsep dari korelasi berganda sering digunakan dalam sebuah penelitian untuk memahami dan memprediksi fenomena yang lebih kompleks Dimana lebih dari satu faktor untuk menentukan keberhasilan. Untuk menghitung korelasi berganda biasanya menggunakan regresi berganda, yang Dimana variabel dependen diprediksi berdasarkan kombinasi linier dari variabel-variabel independent. Rumus dari korelasi berganda berunsur dari variabel dependent dan variabel endependen. Dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$R = \sqrt{R^2}$$

Dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi yang menunjukkan variansi.  $R^2$  dapat dihitung dari analisis regresi berganda dengan rumus :

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}}$$

$SS_{res}$  adalah jumlah kuadrat sisa (*residual sum of squares*), yaitu variansi yang tidak dapat dijelaskan oleh model.

$SS_{tot}$  adalah jumlah kuadrat total (*total sum of squares*), yaitu variansi total dalam data [19].

#### 2.1.4. Analisis Ragam Satu Arah (*One Way ANOVA*)

*One-Way ANOVA (Analysis of Variance)* adalah salah satu metode statistik yang digunakan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata dari tiga atau lebih kelompok independen. Tujuan utama dari ANOVA satu arah adalah untuk menguji hipotesis nol yang menyatakan bahwa

semua kelompok yang dibandingkan memiliki rata-rata yang sama, yaitu tidak ada perbedaan signifikan di antara mereka [20].

Dalam penelitian, ANOVA sering digunakan untuk menganalisis data eksperimen di mana satu variabel bebas (independen) dengan beberapa kategori (kelompok) digunakan untuk mengukur pengaruh terhadap variabel terikat (dependen) yang kontinu. Misalnya, jika seorang peneliti ingin mengetahui apakah tiga jenis pupuk yang berbeda memiliki efek yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman, ANOVA dapat digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan signifikan dalam pertumbuhan tanaman antara kelompok yang diberi perlakuan dengan pupuk yang berbeda tersebut. Untuk melakukan perhitungan *One-Way* ANOVA terdapat beberapa perhitungan yaitu [21]:

$$JKT = \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2$$

Nilai JKT (jumlah kuadrat total) mengukur total variasi dalam data dari rata-rata keseluruhan, Lalu menghitung nilai JKA (jumlah kuadrat antar) sebagai berikut.

$$JKA = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{Y}_j - \bar{Y})^2$$

JKA mengukur variasi yang disebabkan oleh perbedaan antara rata-rata kelompok dan rata-rata keseluruhan. Selanjutnya menghitung JKD (jumlah kuadrat dalam) sebagai berikut.

$$JKD = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (Y_{ij} - \bar{Y}_j)^2$$

JKD mengukur variasi di dalam kelompok, yaitu variasi dari observasi individu ( $Y_{ij}$ ) terhadap rata-rata kelompoknya sendiri ( $\bar{Y}_j$ ). Setelah itu, menghitung nilai KRA (kuadrat rata-rata antar kelompok) sebagai berikut.



$$KRA = \frac{JKA}{k - 1}$$

KRA dihitung dengan membagi JKA dengan derajat kebebasan antar kelompok ( $k-1$ ), selanjutnya menghitung nilai KRD (kuadrat rata-rata dalam kelompok), sebagai berikut.

$$KRD = \frac{JKD}{N - k}$$

KRD dihitung dengan membagi JKD dengan derajat kebebasan dalam kelompok ( $N-k$ ). Terakhir mencari nilai F dengan membagi KRA dan KRD sebagai berikut.

$$F = \frac{KRA}{KRD}$$

## 2.2. Detak Jantung

Jantung adalah organ internal yang paling penting karena bertanggung jawab untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Vena jugularis mendistribusikan darah ke seluruh tubuh dalam jumlah yang tepat yang dibutuhkan. Udara diambil oleh paru-paru, dikirim ke jantung, kemudian dipompa keluar oleh jantung ke seluruh tubuh, terutama otot yang sedang bekerja. Jantung adalah organ penting karena memastikan darah yang kaya oksigen terus mengalir ke seluruh tubuh. Fungsi utama jantung manusia adalah memompa darah ke seluruh tubuh. Setelah semua organ tubuh menggunakan oksigen dalam darah, darah yang kekurangan oksigen akan beredar kembali ke paru-paru [22].

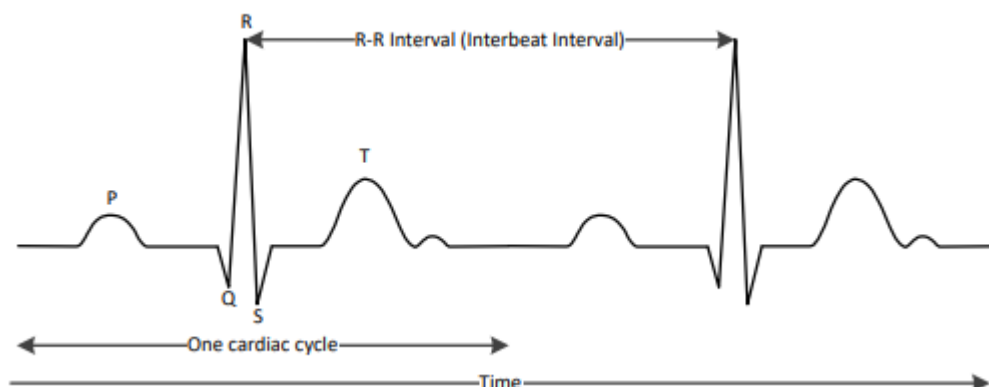
Detak jantung *beats per minute (bpm)* ini merupakan parameter untuk menunjukkan kondisi jantung seseorang, dan salah satu cara untuk mengetahui kondisi jantung adalah dengan cara mengetahui frekuensi detak jantung. Detak jantung manusia normal berkisar antara 60-100 denyut permenit. Denyut jantung yang lebih rendah saat istirahat menunjukkan bahwa fungsi jantung lebih efisien dan kebugaran kardiovaskularnya lebih baik. Laju detak jantung orang dewasa yang

normal berkisar antara 60 sampai 120 *bpm* [23]. Pada Tabel 2.1. Laju Detak Jantung Orang Dewasa ditunjukkan.

**Tabel 2.2. Laju Detak Jantung Orang Dewasa**

Aktivitas	Laju Detak Jantung ( <i>bpm</i> )
Bekerja	>80 [23]
Istirahat	60-100[24]

Seperti kebanyakan organ dalam tubuh, jantung memiliki saraf ganda. Meskipun berbagai faktor fisiologis menentukan fungsi jantung seperti detak jantung (HR), akan tetapi fungsi sebagai sistem saraf otonom (ANS) adalah yang paling utama. Yang penting saat jantung (saraf parasimpatis primer) dan saraf simpatik diblokir secara farmakologis (misalnya, dengan atropin plus propranolol, yang disebut blokade ganda), maka detak jantung intrinsik lebih tinggi daripada detak jantung pada saat istirahat normal. Fakta ini mendukung gagasan bahwa jantung berada di bawah kontrol penghambatan tonik oleh pengaruh parasimpatis. Selain itu, rangkaian waktu detak jantung dicirikan oleh variabilitas ketukan ke ketukan dalam rentang yang luas. Variabilitas detak jantung yang rendah (HRV) adalah terkait dengan peningkatan risiko penyebab kematian, dan HRV yang rendah merupakan penanda suatu penyakit. Aktivitas jantung diukur dengan menggunakan teknik EKG, yang merupakan ukuran fisiologis yang paling umum digunakan dalam MWL (*mental work load*). Teknik EKG bekerja dengan cara mengukur aktivitas listrik jantung menggunakan sejumlah sensor untuk tujuan klinis hingga dua belas sensor dapat digunakan [25].



**Gambar 2.3. Siklus Kardio**

Sinyal listrik yang berulang ini mewakili polarisasi dan depolarisasi jantung yang diperlukan untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Unsur-unsur dari satu siklus jantung disebut P-Q-R-S-T. Ukuran berbeda yang terkait dengan gelombang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi pemberian aktivitas jantung tentang MWL. Aktivitas jantung dapat dianalisis dalam domain waktu atau frekuensi yakni berupa *Heart Rate Variability (HRV)*. Pengukuran domain waktu adalah yang paling sederhana untuk dilakukan, dan Detak Jantung (HR) adalah yang populer karena aksesibilitasnya dan kemampuan untuk mendapatkan beberapa pengukuran dari EKG [26]. Pada penelitian ini jantung digunakan sebagai metrik fisiologis karena cukup mudah dan murah untuk diukur menggunakan sejumlah perangkat komersial yang tersedia [27].

### 2.3. Teori Beban Kognitif

Teori beban kognitif adalah teori instruksional berdasarkan pengetahuan kita tentang kognisi manusia. Sejak itu awal tahun 1980-an teori tersebut telah menggunakan aspek arsitektur kognitif manusia untuk menghasilkan eksperimental yang berupa instruksional efek. Efek ini ditunjukkan dengan membandingkan prosedur instruksional baru dan prosedur yang lebih tradisional sebagai bagian dari eksperimen acak terkontrol. Jika prosedur baru memfasilitasi pembelajaran berdasarkan kinerja pengujian, efek baru mungkin telah ditunjukkan sebagai efek yang dihasilkan oleh pengetahuan tentang kognisi manusia. Prosedur instruksional

baru yang mengikuti dari efek menjadi calon profesional yang relevan seperti desainer instruksional dan guru. Teori beban kognitif, dengan menggunakan pengetahuan kita tentang hubungan antara memori kerja dan memori jangka panjang, sudah bisa menghasilkan prosedur instruksional bagi sebagian orang yang mungkin tampak berlawanan dengan intuisi. Selain itu, sejumlah besar prosedur instruksional itu jika tidak akan muncul acak dan tidak terhubung satu sama lain terlihat terkait erat dengan kesamaan mereka, landasan teoretis yang disediakan oleh arsitektur kognitif manusia [28].

Paas, Renkl dan Sweller (2003) dalam jurnalnya yang berjudul *Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments* berpendapat bahwa beban kognitif yang muncul pada seorang bersumber dari tiga hal yaitu, beban kognitif intrinsik (*intrinsic cognitive load*), beban kognitif ekstrinsik (*extrinsic cognitive load*), dan beban kognitif konstruktif (*germane cognitive load*), di mana ketiganya saling berkaitan. Ketiga jenis beban kognitif itu muncul di memori pekerja manusia sehingga mempengaruhi informasi yang seharusnya dibawa ke memori jangka panjang untuk ingat dalam waktu yang lama. Sweller dan Chander (Retnowati, 2008:7) menjelaskan bahwa beban kognitif intrinsik ditentukan oleh tingkat kekompleksan informasi atau materi yang sedang dipelajari, sedangkan beban kognitif ekstrinsik ditentukan oleh teknik penyajian materi tersebut. Menurut Retnowati (2008) beban kognitif intrinsik tidak dapat dimanipulasi karena sudah menjadi karakter dari interaktifitas elemen-elemen di dalam materi. Sehingga, beban kognitif intrinsik ini bersifat tetap. Pemahaman suatu materi dapat mudah terjadi jika ada pengetahuan prasyarat yang cukup yang dapat dipanggil dari memori jangka panjang. Nursit (2015) menuliskan bahwa beban kognitif ekstrinsik atau *extraneous cognitive load* adalah beban kognitif yang dapat dimanipulasi. Teknik penyajian materi yang baik, yaitu yang tidak menyulitkan pemahaman, akan menurunkan beban kognitif ekstrinsik. Pemahaman suatu materi dapat mudah terjadi jika ada pengetahuan prasyarat yang cukup yang dapat dipanggil dari memori jangka panjang. Beban kognitif ekstrinsik adalah faktor yang seharusnya diminimalkan dalam pembelajaran. Sedangkan beban kognitif konstruktif adalah beban kognitif yang diakibatkan oleh banyaknya usaha mental yang diberikan

dalam proses kognitif yang relevan dengan pemahaman materi yang sedang dipelajari dan proses konstruksi skema (akuisisi skema) pengetahuan. Ketiga beban tersebut mengisi memori pekerja siswa yang dapat berpengaruh pada pemahaman mengenai materi [29].

Beban kognitif merupakan potensi intelektual yang dimiliki seseorang yang berdasarkan pada struktur kognitif manusia, yang berazas pada karakteristik memori kerja dan memori jangka panjang manusia [30]. Dalam ranah kompleks kognis manusia, konsep beban kognitif memainkan peran sentral dalam pembentukan kemampuan dalam memecahkan masalah. Istilah ini diperkenalkan oleh psikolog Pendidikan John Sweller pada akhir tahun 1980-an. Beban kognitif yang muncul pada seorang bersumber dari tiga hal yaitu, beban kognitif intrinsik (*intrinsic cognitive load*), beban kognitif ekstrinsik (*extrinsic cognitive load*), dan beban kognitif konstruktif (*germane cognitive load*), di mana ketiganya saling berkaitan. Proporsi waktu mengacu pada bagian total waktu yang digunakan untuk memproses informasi yang relevan dan tidak relevan. Pada penelitian ini waktu menjadi salah satu penentu utama beban kognitif. Detik pemahaman merupakan waktu yang dibutuhkan seseorang untuk memahami atau memproses informasi yang diberikan. Detik pemahaman adalah bagian dari beban kognitif tergantung pada kompleksitas informasi atau data yang diperoleh. Semakin banyak detik pemahaman dapat meningkatkan beban kognitif [31]. Kondisi sebuah jantung mempengaruhi beban kognitif seseorang, karena detak jantung (*heart rate*) biasanya akan meningkat selama aktivitas kognitif yang menantang. Disebabkan karena aktivitas sistem saraf simpatik sebagai respons terhadap peningkatan permintaan kognitif. Saat sedang beristirahat, detak jantung biasanya lebih rendah. Perubahan detak jantung dapat menjadi sebuah indikasi seberapa banyak usaha kognitif yang diperlukan. Penelitian menunjukkan hubungan antara kondisi jantung dan beban kognitif, pada penelitiannya Firclough dan Houston (2004) menunjukkan bahwa HRV (*Heart Rate Variability*) menurun selama tugas kognitif yang menantang, menandakan peningkatan beban kognitif. Kondisi jantung memberikan indikasi penting tentang bagaimana tubuh merespon beban kognitif. Pemantauan HRV (*Heart Rate Variability*) dapat menjadi alat yang berguna untuk memahami

dan mengelola beban kognitif dalam berbagai konteks, termasuk ke dalam lingkungan kerja dan kegiatan sehari-hari [32].

Setiap domain pekerjaan memiliki pengaruh terhadap beban kognitif, bukan hanya kondisi jantung saja yang dapat mempengaruhi beban kognitif. Beban kognitif sendiri dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yang spesifik terhadap jenis pekerjaan, seperti kompleksitas jenis pekerjaan, kecepatan pekerjaan dan kebutuhan untuk tingkat keahliannya [33]. *The Cognitive Load Theory* mengklaim ada tiga kategori beban kognitif dalam bekerja memori dalam setiap tugas belajar. Ini termasuk *Intrinsic cognitive load*, *Extraneous cognitive load*, dan *germane cognitive load*.

a. *Intrinsic cognitive load*

Beban kognitif intrinsik ditentukan oleh kompleksitas tugas belajar dan hasil dari interaktivitas elemen. Banyaknya unsur informasi yang saling berinteraksi yang dimiliki oleh suatu pembelajaran tugas didefinisikan sebagai "interaktivitas elemen." Tugas belajar menjadi lebih kompleks seiring dengan beban kognitif intrinsik menjadi lebih tinggi. Namun, sebagai pengetahuan awal pembelajar juga memainkan peran dalam menentukan beban kognitif intrinsik. Beban kognitif intrinsik mengacu pada kompleksitas pengetahuan yang ada diperoleh tanpa mengacu pada bagaimana pengetahuan itu diperoleh. Salah satu fitur penting dari beban kognitif *intrinsic* adalah bahwa hal tersebut adalah tetap dan tidak dapat diubah untuk informasi yang diberikan pada peserta didik dengan tingkat keahlian tertentu. Karena beban kognitif *intrinsic* mengacu pada kompleksitas intrinsik dari informasi yang sedang diproses, maka hal tersebut tidak dapat diubah selain dengan mengubah apa yang dipelajari atau tingkatannya keahlian peserta didik. Begitu pengetahuan yang akan dipelajari dan apa yang sudah diketahui pembelajar maka beban kognitif intrinsik bersifat tetap [34].

Analisis interaktivitas elemen dan beban kognitif intrinsik bisa digunakan untuk menjelaskan pengertian dan perbedaan antara belajar dengan pemahaman dan belajar dengan hafalan. Secara berlawanan bagi sebagian orang, ingatan jangka panjang adalah pusat pemahaman dan analisis konsep. Pemahaman tidak berlaku

untuk elemen rendah informasi interaktivitas. Ini berlaku secara eksklusif untuk informasi interaktivitas elemen tinggi. Misalnya, sehubungan dengan interaktivitas elemen rendah, jika seorang pelajar tidak dapat menunjukkan simbol untuk tembaga, kita dapat mengatakannya telah melupakan simbol atau tidak pernah mempelajari simbol, tetapi hal ini tidak dapat disebut sebagai kegagalan pemahaman. Peran memori adalah jelas dalam kasus materi interaktivitas elemen rendah. Sebaliknya, jika seseorang tidak dapat menyetarakan persamaan kimia atau memecahkan suatu masalah aljabar, istilah pemahaman mudah diterapkan. Hal ini merujuk pada seseorang yang mengerti atau tidak mengerti sebuah persamaan. Tidak tepat jika merujuk pada pengertian suatu simbol bahan kimia. Namun demikian, perbedaan antara mengetahui simbol yang benar dan mengetahui bagaimana menangani persamaan dapat dinyatakan seluruhnya dalam istilah interaktivitas elemen. Proses kognitif dalam kedua kasus tersebut adalah identik dimana keduanya mengandalkan memori [28].

b. *Extraneous cognitive load*

*Extraneous Cognitive Load* merupakan beban kognitif yang tidak langsung berkontribusi terhadap pembelajaran dan ditimbulkan oleh bahan instruksional. Hal ini terkait dengan Usaha Mental yang dilakukan oleh siswa sendiri dalam proses pembelajaran [28]. Kamaruddin (2016) menyebutkan situasi-situasi berikut yang dapat menyebabkan beban kognitif *extraneous* antara lain; situasi proses pembelajaran, situasi sulit melebihi kapasitas berfikir siswa, pemberian contoh dan latihan soal, ingatan siswa tentang materi sebelumnya dan materi prasyarat, dan perhatian siswa terbagi saat penyampaian materi berlangsung [35].

Perbedaan dalam interaktivitas elemen dapat dikaitkan dengan perbedaan *intrinsic* atau *extraneous cognitive load*. Beban kognitif intrinsik ditentukan oleh sifat-sifat *intrinsic* dari informasi yang sedang diproses. Hal ini dapat diubah hanya dengan mengubah subjek materi yang harus diasimilasi atau dengan mengubah basis pengetahuan pembelajar. Perbedaan dalam mempelajari kata benda bahasa asing atau belajar memecahkan masalah aljabar Sedangkan *extraneous cognitive load* ditentukan oleh prosedur instruksional. Beberapa instruksional prosedur tidak

perlu meningkatkan interaktivitas elemen dan dengan demikian meningkatkan *extraneous cognitive* beban. Sebagian besar efek beban kognitif disebabkan oleh *extraneous cognitive load* [36].

c. *Germane cognitive load*

Komponen beban kognitif yang terakhir yaitu, *Germane Cognitive Load* dipengaruhi oleh pemahaman materi yang ditentukan oleh hasil belajar siswa. GCL berperan sebagai pengorganisasian, pengkontruksi, pengkode, pengelaborasi, atau pengintegrasian materi yang sedang dipelajari sebagai pengetahuan yang tersimpan di memori jangka panjang. Sebagaimana usaha dan upaya siswa yang relevan untuk mengerjakan latihan soal dalam pemecahan masalah dengan mengingat kembali ingatan sebelumnya. Adapun menurut Meissner dan Franzr (2013) pembelajaran yang baik adalah pembelajaran yang memberikan materi yang dapat mencapai beban kognitif intrinsik yang tidak berlebihan, mampu menurunkan beban kognitif *extraneous* dan mampu meningkatkan beban kognitif *germane* sesuai yang sudah ditentukan [35].

#### 2.4. Visualisasi Data

Visualisasi data adalah proses penyajian data dalam bentuk grafik yang membuat informasi mudah dimengerti, hal ini membantu menjelaskan tentang fakta dan menentukan arah tindakan. Definisi visualisasi data menjelaskan tentang pentingnya data dengan menempatkan data dalam konteks visual. Hal ini melibatkan penciptaan dan studi representasi visual dari data yang dikenal sebagai informasi. Visualisasi data memungkinkan pengguna untuk memperoleh pengetahuan yang lebih banyak mengenai data mentah yang didapatkan dari berbagai sumber. Visualisasi dapat dilakukan dengan menggunakan dashboard, di mana teks, pola, dan korelasi yang tidak terdeteksi dapat dengan mudah divisualisasikan dengan menggunakan perangkat lunak visualisasi. Visualisasi data tidak hanya mengubah data menjadi grafik visual, akan tetapi visualisasi data juga memerlukan perencanaan. Setiap jenis data memerlukan teknik visualisasi yang sesuai berdasarkan kebutuhannya. Berdasarkan tingkat kompleksitas data, untuk menghasilkan solusi yang berharga perlu melibatkan berbagai disiplin ilmu, seperti statistika, data mining, desain grafis, dan *information visualization* [4].



Visualisasi data adalah kemampuan untuk menerjemahkan pertanyaan yang ditentukan dalam domain data ke dalam *visual query* dalam domain visual, serta menginterpretasikan pola visual dalam domain visual sebagai properti dalam domain data. Kemampuan dan keterampilan membaca dan menginterpretasi direpresentasikan data secara visual dibutuhkan untuk mengekstrak informasi dari visualisasi data. Visualisasi telah diklasifikasikan berdasarkan wawasan kebutuhan, jenis data yang akan divisualisasikan, transformasi data yang digunakan, transformasi pemetaan visual, atau teknik interaksi di antara yang lain. Selama lima dekade terakhir, banyak penelitian telah diusulkan beragam taksonomi dan kerangka kerja visualisasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.

Insight needs	Data scales	Analyses	Visualizations	Graphic symbols	Graphic variables	Interactions
Categorize/cluster	Nominal	Statistical	Table	Geometric symbols	Spatial	Zoom
Order, rank, sort	Ordinal	Temporal	Chart	Point	Position	Search and locate
Distributions (also outliers)	Interval	Geospatial	Graph	Line	Retinal	Filter
Comparisons	Ratio	Topical	Map	Area	Form	Details on demand
Trends (process and time)		Relational	Tree	Surface	Color	History
Geospatial			Network	Volume	Optics	Extract
Compositions (also of text)				Linguistic symbols	Motion	Link and brush
Correlations/relationships				Text		Projection
				Numerals		Distortion
				Punctuation marks		
				Pictorial symbols		
				Images		
				Icons		
				Statistical glyphs		

#### Gambar 2.4. Taksonomi dan Kerangka Kerja Visualisasi Data

Gambar 2.4. di atas menunjukkan tujuh tipe inti dari visualisasi data. Visualisasi data dibedakan menjadi tiga kelas umum yang terdiri dari 11 simbol grafis: geometris (titik, garis, luas, permukaan, volume), linguistik (teks, angka, dan tanda baca), dan bergambar (gambar, ikon, dan mesin terbang statistik). Gambar 2.5. di bawah ini menunjukkan subset dari simbol grafik dan variabel grafik yang tercantum dalam kolom 5 dan 6 pada Gambar 2.4.

		Geometric Symbols		Linguistic Symbols	Pictorial Symbols		
		Point	Line				
Spatial	Position	X					
	Y						
Retinal	From	Size			Text Text Text		
		Shape			Text Text Text		
	Color	Value			Text Text Text		
		Hue			Text Text Text		
		Saturation			Text Text Text		
	Texture	Granularity					
		Pattern					
	Motion	Optics	Blur			Text Text Text	
			Speed				

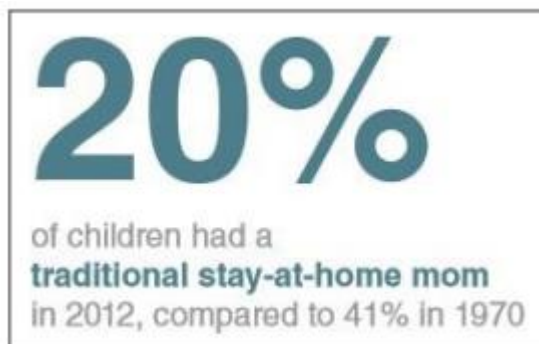
**Gambar 2.5. Grafik Simbol**

Gambar 2.5. menunjukkan grafik simbol dan variabel grafik yang tercantum dalam kolom 5 dan 6 pada Gambar 2.4. Jenis simbol grafik yang berbeda dapat digabungkan (misalnya, simbol geometris digunakan untuk mewakili sebuah node dalam jaringan mungkin memiliki asosiasi label simbol linguistik) [37].

Penyajian visualisasi data statistik adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu kumpulan data sehingga memberikan informasi yang berguna. Penyajian data merupakan salah satu kegiatan dalam pembuatan laporan hasil penelitian yang telah dilakukan agar dapat dipahami dan dianalisis sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Data yang disajikan harus sederhana, jelas agar mudah dibaca. Penyajian data juga dimaksudkan agar para pengamat dapat dengan mudah memahami apa yang disajikan untuk selanjutnya dilakukan penilaian atau perbandingan dan lain lain. Penyajian data statistik dibagi menjadi dua jenis yaitu penyajian data dalam bentuk tabel maupun penyajian data statistik dalam bentuk grafik. Tabel biasanya menyajikan data dalam bentuk kolom dan baris sedangkan grafik menyajikan data dalam bentuk gambar visual. Adapun jenis visualisasi data berdasarkan buku *Story Telling with Data* adalah sebagai berikut.

a. *Simple Text*

Jika hanya memiliki satu atau dua angka untuk dibagikan, teks sederhana bisa menjadi cara yang bagus untuk berkomunikasi. Menggunakan angka untuk membuat data terlihat jelas dan beberapa kata pengiring untuk memberikan pemahaman yang lebih baik. Hanya meletakkan satu atau dua angka dalam tabel atau grafik dapat membuat informasi salah dan membuat angka kehilangan kekuatannya. Saat ingin menyampaikan satu atau dua nomor, pertimbangkan untuk menggunakan nomor itu sendiri. Contoh penggunaan *Simple Text* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6. *Simple Text***

b. Tabel

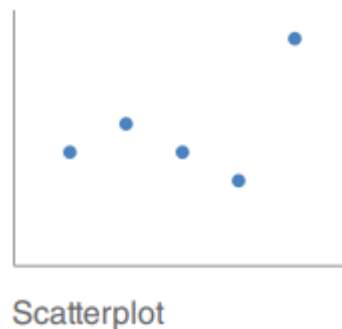
Tabel bagus untuk mengkomunikasikan dengan audiens campuran data yang masing-masing dapat dicari melalui baris dan kelompok tertentu. Tabel adalah alat penyajian data statistik yang berbentuk kolom dan baris yang didalamnya terdapat susunan data yang telah dikelompokkan menurut kategori tertentu. Adanya tabel untuk membantu memahami relasi antar variabel.

	A	B	C
Category 1	15%	22%	42%
Category 2	40%	36%	20%
Category 3	35%	17%	34%
Category 4	30%	29%	26%
Category 5	55%	30%	58%
Category 6	11%	25%	49%

**Gambar 2.7. Tabel**

c. *Scatter Plot*

Jenis visualisasi statistik yang kedua adalah *scatter plot*. *Scatter plot* adalah jenis visualisasi data untuk menunjukkan hubungan antara dua variabel. Dengan *scatter plot*, kita dapat melihat distribusi data dan bagaimana trennya. Kita juga dapat menggunakan *scatter plot* untuk melihat hubungan dari beberapa kelompok data dengan memberikan warna yang berbeda untuk membedakan tiap kelompok data.



**Gambar 2.8. Scatter Plot**

d. *Heatmap*

Merupakan bentuk visualisasi data yang dipresentasikan dari grafik data dengan menggunakan warna. *Heatmap* digunakan seperti untuk memvisualisasikan data dalam format tabel, di mana sebagai pengganti (atau sebagai tambahan) angka. Pada saat menggunakan *heatmap* direkomendasikan untuk memanfaatkan sel berwarna dalam menyampaikan data.

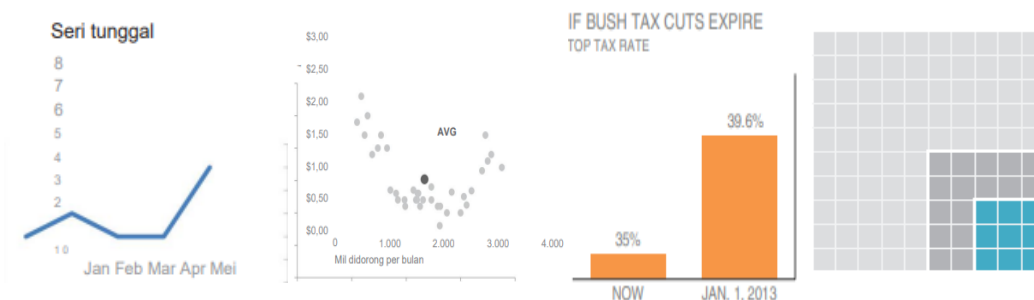
**Heatmap**  
LOW-HIGH

	A	B	C
Category 1	15%	22%	42%
Category 2	40%	36%	20%
Category 3	35%	17%	34%
Category 4	30%	29%	26%
Category 5	55%	30%	58%
Category 6	11%	25%	49%

**Gambar 2.9. Heatmap**

e. **Grafik**

Grafik merupakan bentuk visualisasi data yang berinteraksi dengan sistem visual kita untuk memproses informasi. Grafik yang dirancang dengan baik biasanya akan menyampaikan informasi lebih cepat daripada tabel yang dirancang dengan baik. Umumnya terdapat empat jenis grafik yang antara lain titik, garis, batang, dan luas.



**Gambar 2.10. Grafik (a) Titik, (b) Garis, (c) Batang, (d) Luas**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, domain yang menjadi objek penelitian adalah pada domain pendidikan dan kesehatan.

**a) Domain Pendidikan**

Dalam konteks analisis domain pendidikan, sub bagian perencanaan dan laporan melibatkan evaluasi berbagai faktor yang memengaruhi kinerja pekerja, seperti guru, dosen, dan staf administrasi. Fokusnya adalah pada penggunaan visualisasi data untuk mempermudah pemahaman dan penyusunan rencana pendidikan serta pelaporan kinerja. Visualisasi data berfungsi untuk menyajikan informasi yang kompleks dalam format yang lebih mudah dipahami oleh para pemangku kepentingan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi beban kognitif pekerja

dalam mengolah dan menganalisis data, sehingga mereka dapat membuat keputusan yang lebih tepat dan efisien terkait strategi pendidikan. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan visualisasi data yang tepat dapat meningkatkan efisiensi dalam penyusunan rencana dan laporan pendidikan [38]. Pemilihan pekerja yang tepat sebagai subjek penelitian memastikan bahwa hasil yang diperoleh dapat diaplikasikan secara efektif untuk perbaikan proses perencanaan dan pelaporan di sektor pendidikan.

#### b) **Domain Kesehatan**

Pada domain kesehatan, analisis difokuskan pada sub bagian Promosi Kesehatan (Promkes), Marketing, dan Gudang. Dalam konteks Promkes dan Marketing, visualisasi data digunakan untuk menyampaikan informasi kesehatan yang kompleks kepada masyarakat dan tenaga kesehatan dengan cara yang lebih mudah dipahami, sehingga dapat meningkatkan efektivitas kampanye kesehatan dan strategi pemasaran. Beban kognitif pekerja dalam memahami dan mengomunikasikan informasi kesehatan juga menjadi perhatian penting, karena informasi yang disajikan secara berlebihan atau rumit dapat mengurangi efektivitas kampanye kesehatan. Pengelolaan yang efektif dapat mengurangi beban kognitif pekerja gudang dan meningkatkan respons terhadap permintaan mendadak atau kebutuhan mendesak. Pengukuran detak jantung pekerja dapat digunakan sebagai indikator stres atau beban kerja dalam mengelola gudang atau melaksanakan kampanye kesehatan, memberikan wawasan tambahan untuk strategi manajemen yang lebih baik [39].

### 2.5. ***Label Encoding***

*Label encoding* merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengkonversi variable kategori menjadi nilai numerik sehingga algoritma yang dihasilkan dapat di proses oleh pemebelajaran mesin (*machine learning*). Algoritma pembelajaran mesin tidak dapat bekerja dengan data kategorikal secara

langsung dan hanya menerima input numerik. Langkah-langkah melakukan *label encoding* :

1. Identifikasi data kategorikal : yaitu dengan cara menentukan variable yang ada di dalam dataset yang merupakan kategori
2. Konversi kategori menjadi angka : memberikan setiap kategori nilai numerik yang unik.

Keuntungan yang didapat dalam proses *label encoding* adalah kesederhanaannya dan kemudahan implementasinya. Namun, satu hal yang perlu diperhatikan dalam proses *label encoding* adalah algoritma pembelajaran mesin dapat salah menginterpretasikan nilai numerik sebagai hubungan ordinal (semisal menganggap angka 2 itu lebih besar dari angka 1) [40].

## **2.6. Strava**

Strava adalah sebuah aplikasi layanan internet untuk melacak dan mencatat kegiatan olahraga seperti bersepeda, berlari dan masih banyak jenis aktivitas lainnya dengan fitur untuk membantu menjelajahi, terhubung, dan mengukur kemajuan, dengan menggunakan data GPS dari telepon genggam maupun gawai lainnya. Strava sejak tahun 2009 telah mengumpulkan jutaan data dari para pesepeda dan pelari dari seluruh dunia [41]. Selain itu, Strava juga menyediakan analisis yang mendalam mengenai aktivitas adri penggunaannya, termasuk grafik kecepatan, pemetaan rute dan statistika lainnya.

## **2.7. Penelitian Terdahulu**

Taelman (2011) melakukan penelitian dengan judul '*Influence of Mental Stress on Heart Rate and Heart Rate Variability*'. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki interaksi antara HR, HRV dan tekanan mental pada tingkat kelompok dan untuk perubahan individu. Pada tes ini EKG diukur selama istirahat dan selama tugas mental. Penelitian ini melakukan analisis HRV untuk menyediakan wawasan tentang bagaimana jantung bereaksi terhadap tugas mental. Sampel pada penelitian

ini sebanyak 28 peserta, 15 laki-laki dan 13 perempuan dengan usia rata-rata 22 tahun ( $\pm 1,96$ ) dan massa tubuh rata-rata indeks 22,2 ( $\pm 0,43$ ). Pesertanya adalah pelajar dan remaja orang yang bekerja di Katholieke Universiteit Leuven. Pengukuran dicatat untuk dua kondisi untuk masing-masing subjek yakni dengan dan tanpa tugas mental. Hasilnya menunjukkan bahwa HR dan HRV berubah seiring dengan bertambahnya tugas mental yang diberikan. HR dan HRV pada saat peserta diberikan tugas mental lebih tinggi dibandingkan pada saat istirahat [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Kristen (2014) dengan judul '*Measuring Load on Working Memory: The Use of Heart Rate as a Means of Measuring Chemistry Students' Cognitive Load*' mengenai pengaruh beban kognitif terhadap detak jantung. Penelitian ini dilakukan pada tahun ajaran 2012–2013 dengan sampel berasal dari fakultas dan mahasiswa di lembaga publik di Amerika Serikat bagian tenggara. Penelitian ini mengeksplorasi masalah beban kognitif yang terkait dengan pemecahan masalah kimia. Persentase perubahan detak jantung saat itu dihitung dengan membagi setiap peningkatan yang diamati dengan garis dasar detak jantung. Perubahan tersebut kemudian dirata-ratakan untuk semua individu dalam kelompok untuk setiap masalah. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa soal kimia yang memiliki beban kognitif yang lebih tinggi memberikan perubahan detak jantung yang lebih daripada soal kimia yang dirancang memiliki beban kognitif yang lebih rendah [7].

Anguiozar (2020) melakukan penelitian dengan judul '*Measuring Cognitive Load: Heart-rate Variability and Pupillometry Assessment*'. Dalam penelitian ini, peneliti menyajikan metodologi dengan menggunakan pupillometry dan variabilitas detak jantung untuk estimasi beban kognitif, saat melakukan tugas/task. Kemudian dilakukan pengujian terhadap algoritma untuk kedua variabel dan diskusikan kinerjanya. Penelitian ini juga meninjau apakah kedua ukuran itu setara dan apakah keduanya selaras dengan hasil NASA TLX. Hasil beban kognitif untuk setiap pengukuran dalam kondisi beban dan istirahat. Pada analisis pupillometry, *p*- nilai antara kondisi cahaya dan tanpa cahaya dengan beban adalah 0,241: diam jeter tidak mengalami efek pencahayaan karena kedua kondisi (cahaya dan tidak ada cahaya) adalah sama. Pada variasi untuk kondisi tanpa cahaya, yang



menegaskan bahwa pengukurannya adalah memang dipengaruhi oleh lingkungan sekitar. Adapun analisis HRV, hasilnya mirip dengan pupil. Nilai  $p$  antara lampu dan tidak ada lampu pada kasus beban adalah 0,284, tidak menunjukkan efek cahaya. Kemudian nilai  $p$  antara istirahat dan beban kondisi dengan cahaya adalah 0,036, artinya pengukuran HRV bisa membedakan antara adanya beban mental dan situasi istirahat. Hal ini karena cahaya belum tentu merupakan parameter yang mempengaruhi secara langsung pada pengukuran HRV (detak jantung) yang sedang diteliti [6].

Penelitian Putri & Wijaya tahun (2020) mengemukakan bahwa dengan adanya visualisasi dalam aplikasi SIAK maka dapat dimanfaatkan oleh operator kecamatan ataupun stakeholder yang berkepentingan dalam pemanfaatan data seperti pencarian biodata penduduk. Adapun jenis visualisasi data yang digunakan berupa *pie chart* dan *bar chart* [42].

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Rakhmadhani tahun (2019) mengemukakan bahwa visualisasi data menggunakan MHN (sebuah proyek open-source yang dibangun oleh threatstream yang bertujuan untuk mengatasi resiko dan kerumitan pada honeypot dan pengintegrasian dengan tools penggunaan data untuk menganalisa dan produktifitas atau pengumpulan sumber data seperti honeypot) dapat menampilkan grafik seperti jumlah dan jenis serangan sehingga administrator jaringan bisa merencanakan pengamanan pada system yang sebenarnya [43].

Penelitian yang dilakukan oleh Solhjo et al pada tahun 2019 dengan judul, "*Heart Rate and Heart Rate Variability Correlate with Clinical Reasoning Performance and SelfReported Measures of Cognitive Load*". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengumpulkan bukti validitas biologis untuk berkorelasi dengan berbagai jenis beban kognitif, dan untuk mengeksplorasi hubungan kognitif melalui langkah-langkah fisiologis yang berkaitan dengan performa dalam bekerja. Hasil penelitian menyatakan bahwa individu yang mengalami beban kognitif tinggi memiliki resiko untuk berkinerja buruk selama mengerjakan tugas [44].

Penelitian yang dilakukan oleh Pandey pada tahun 2021 dengan judul penelitian, "*Machine Learning and IoT for Prediction and Detection of Stress*".

Penelitian tersebut bertujuan untuk mempelajari apakah detak jantung bisa mengartikan seseorang sedang Stres atau tidak melalui Internet of Things (IoT) bersama dengan *Machine Learning* (ML) yang digunakan untuk mengingatkan situasi ketika orang tersebut berada dalam risiko yang nyata. ML digunakan untuk memprediksi kondisi pasien dan IoT digunakan sebagai media komunikasi mengenai kondisi stres seseorang [45].

Penelitian ini mempelajari beban kognitif pada domain visualisasi data. Dimana, keefektifan visualisasi grafik diukur dari perspektif muatan kognitif, berdasarkan waktu respon, akurasi, dan upaya mental. Sampel yang direkrut adalah 30 mahasiswa, yang terdaftar di School of Information Technologies dari University of Sydney. Eksperimen dilakukan di ruang laboratorium komputer secara individual. Sistem yang dibuat khusus digunakan untuk menampilkan diagram secara online. Pertama sampel membaca lembar tutorial. Kemudian diberikan kesempatan untuk bertanya dan mempraktekkan sistem tersebut. Lalu sampel memulai percobaan dengan menekan tombol di layar. Waktu respons dicatat secara real time mulai saat diagram ditampilkan sepenuhnya dan berakhir saat tombol ditekan. Hasil percobaan ini telah menunjukkan bahwa ketika grafik menjadi relatif besar dan padat, bahkan dengan hanya 25 node dan 98 link (jaringan 3), persepsi manusia dan sistem kognitif dapat dengan cepat terbebani menyebabkan kesalahan dalam melakukan tugas yang relatif kompleks. Hasil penelitian menyatakan bahwa waktu respon dan usaha mental meningkat dengan kompleksitas tugas, sedangkan akurasi dan efisiensi menurun. Hasil eksperimen memperkuat konstruk konseptual beban kognitif yang diajukan; beban kognitif dapat diinduksi oleh berbagai faktor kompleksitas, dan beban kognitif yang diinduksi tercermin tidak hanya dalam ukuran kinerja tetapi juga dalam ukuran upaya mental [46].

Penelitian ini berfokus pada analisis otonom dasar yang memungkinkan untuk membuat kesimpulan tentang prediktif nilai detak jantung dengan beban kognitif. Proses peninjauan dilakukan sesuai dengan PRISMA-Statement. Pembatasan dibuat, memilih studi dalam bahasa Inggris dan diterbitkan dalam peer-review jurnal, mengukur kognitif dan menyajikan pengukuran dari HRV. Studi ini

melibatkan peserta dengan kondisi medis, demensia, gangguan kejiwaan, stroke, dan cedera otak traumatis. Sebanyak total 19.431 sampel. Hasilnya adalah domain kognitif yang berbeda menentukan apriori: fungsi kognitif global, perhatian, kecepatan pemrosesan, fungsi eksekutif, memori, bahasa dan keterampilan visuospasial. Sehingga perubahan HRV selama kinerja tugas-tugas kognitif telah menunjukkan bahwa otonom berfungsi secara bervariasi sesuai dengan kompleksitas dan jenis tugas [47].