

| Parameter     | Fitur yang diekstraksi          | Metode klasifikasi                                                                        | Metrik yang diukur                                                                                                              |
|---------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Detak jantung | Gelang sensor dan sensor ECG    | <i>Random tree, RF, KNN, SVM, Decision stump.</i>                                         | Akurasi: 92%                                                                                                                    |
| HRV           | Elektroda ECG                   | <i>Multivariate statistical process control</i>                                           | Akurasi: 92%                                                                                                                    |
| Respirasi     | Tiga sensor plethysmography     | <i>Thoracic effort-derived drowsiness</i>                                                 | Sensitivitas: 90,3%                                                                                                             |
| ECG dan EMG   | Elektroda Ag-AgCL               | <i>Linear discriminant analysis, quadratic discriminant analysis, and KNN classifier.</i> | Akurasi:<br>ECG dengan KNN: 96,75%<br>EMG dengan analisis diskriminan: 92.31% dan 96%<br><i>Fused features with KNN: 97,06%</i> |
| ECG dan EMG   | Kain anyaman konduktor          | <i>Discriminant criterion using mahalanobis distance</i>                                  | Akurasi: 86%<br>Sensitivitas: 91,38%<br>Presisi: 83,45%                                                                         |
| ECG dan EEG   | <i>Enobio-20 channel device</i> | SVM                                                                                       | Akurasi: 80,9%                                                                                                                  |
| EEG, EOG, ECG | Elektroda EEG, ECG, EOG         | <i>Linear discriminant analysis, linear SVM, kernel SVM, and KNN</i>                      | Akurasi:<br>Spectral regression: 95%<br>Kernel spectral regression: 97%                                                         |

Berdasarkan tabel 2.5, *Biological Based Measures* memiliki kelebihan yang signifikan, seperti ketidakpengaruhannya terhadap jarak antara pengemudi dan *dashboard*, kondisi cuaca, serta iluminasi kabin, yang memungkinkan pengukuran gejala kantuk dengan ketelitian tinggi. Namun, metode ini juga memiliki kekurangan, termasuk adanya *noise* dalam pengukuran, kompleksitas perangkat keras yang tinggi, dan potensi untuk mengurangi kenyamanan pengemudi. Kekurangan ini termasuk fatal dalam sistem yang ingin kita bangun, mengurangi kenyamanan pengemudi dapat berdampak pada tingkat konsentrasi, sehingga pengemudi bisa saja terdistraksi. Kompleksitas yang tinggi juga dapat mempengaruhi biaya untuk membuat alat ini [29].

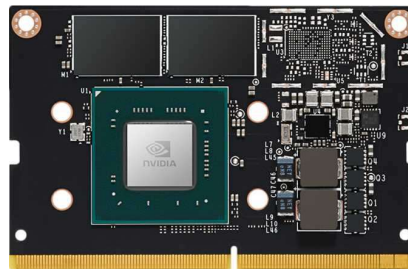
#### 2.2.4. Perbandingan Perangkat Keras

Dalam pengembangan teknologi yang sedang dilakukan saat ini, pemilihan perangkat keras yang tepat menjadi kunci untuk mencapai performa optimal. Dengan memahami spesifikasi dan kemampuan dari setiap mikrokontroler, pengembang dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam memilih perangkat yang sesuai dengan kebutuhan proyek yang sedang dikerjakan.

##### A. *Micro Controller*

Untuk memastikan bahwa perangkat keras yang digunakan mampu mendukung kinerja sistem dengan akurat dan efisien, pengukuran dan verifikasi spesifikasi *microcontroller* merupakan hal yang penting dalam pengembangan sistem. Verifikasi yang tepat akan memastikan bahwa *microcontroller* yang dipilih dapat beroperasi sesuai dengan ekspektasi dalam menangani proses deteksi distraksi dan *drowsiness* pada pengemudi. Selain itu, pengukuran ini juga memastikan bahwa komponen tersebut dapat diintegrasikan dengan komponen lain dalam sistem secara optimal, meminimalkan kesalahan dan gangguan.

##### a. Nvidia Jetson Nano

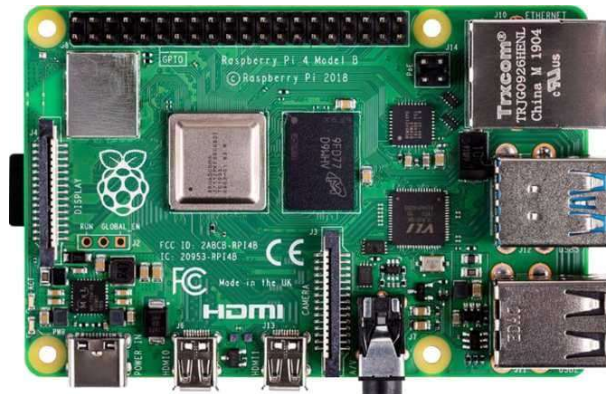


Gambar 2. 1 Nvida Jetson Nano

Jetson Nano adalah *single-board computer* yang dirancang khusus untuk aplikasi kecerdasan buatan (AI). Perangkat ini ditenagai oleh CPU *quad-core* ARM A57 berkecepatan 1,4 GHz, GPU Nvidia Maxwell 128-core, dan RAM sebesar 4 GB, memberikan daya komputasi yang cukup untuk tugas-tugas AI yang menuntut. Jetson Nano juga dilengkapi dengan empat *port* USB tipe-A (termasuk satu *port* USB 3.0), HDMI dan DisplayPort untuk keluaran video, serta konektor Ethernet gigabit, membuatnya ideal untuk aplikasi yang memerlukan transfer data tinggi.

Jetson Nano memiliki keterbatasan tertentu yang mungkin menjadi pertimbangan dalam beberapa skenario penggunaan. Salah satu kelemahannya adalah ketiadaan konektivitas LAN nirkabel bawaan [31].

## b. Raspberry Pi 4



Gambar 2. 2 Raspberry Pi 4

Raspberry Pi 4 Model B merupakan produk terbaru dalam jajaran *singel-board computer* Raspberry Pi yang populer, dengan peningkatan signifikan dalam hal kecepatan prosesor, kinerja multimedia, kapasitas memori, dan kemampuan konektivitas dibandingkan model pendahulunya, Raspberry Pi 3 Model B+. Meskipun menawarkan berbagai fitur baru, perangkat ini tetap mempertahankan kompatibilitas ke belakang serta konsumsi daya yang serupa dengan model sebelumnya. Raspberry Pi 4 Model B memberikan pengalaman *desktop* yang setara dengan PC x86 tingkat pemula, yang membuatnya ideal untuk berbagai keperluan komputasi sehari-hari.

Beberapa fitur utama Raspberry Pi 4 Model B termasuk prosesor *quad-core* 64-bit berkinerja tinggi, dukungan tampilan ganda dengan resolusi hingga 4K melalui dua *port micro-HDMI*, serta kemampuan decode video perangkat keras hingga 4K pada 60 *frame per second* (4Kp60). Selain itu, perangkat ini dilengkapi dengan RAM hingga 4GB, LAN nirkabel *dual-band* 2.4/5.0 GHz, Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet, USB 3.0, serta dukungan *Power over Ethernet* (PoE) melalui aksesoris tambahan PoE HAT. Dengan semua fitur ini, Raspberry Pi 4 Model B menjadi pilihan yang menarik bagi pengguna yang membutuhkan komputer mini dengan performa tinggi dan kemampuan konektivitas yang luas.

Keberadaan LAN nirkabel *dual-band* dan Bluetooth yang memiliki sertifikasi kepatuhan modular memberikan keuntungan tersendiri, terutama dalam hal perancangan produk akhir yang berbasis pada Raspberry Pi 4 Model B. Sertifikasi ini memungkinkan papan tersebut diintegrasikan ke dalam produk akhir dengan pengujian kepatuhan yang lebih sederhana dan biaya yang lebih rendah, sehingga mempercepat waktu produk sampai ke pasar. Fitur-fitur ini membuat Raspberry Pi 4 Model B bukan hanya menjadi perangkat yang

efisien dari segi performa, tetapi juga ideal untuk pengembangan produk yang membutuhkan integrasi teknologi jaringan dan komunikasi nirkabel [32].

### c. Raspberry Pi 5



Gambar 2. 3 Raspberry Pi 5

Raspberry Pi 5 menghadirkan peningkatan kinerja yang signifikan dengan prosesor *quad-core* Arm Cortex-A76 64-bit berkecepatan 2,4GHz, memberikan daya CPU 2–3 kali lebih tinggi dibandingkan dengan Raspberry Pi 4. Selain itu, Raspberry Pi 5 dilengkapi dengan GPU VideoCore VII 800MHz, yang memberikan peningkatan kinerja grafis yang substansial dan mendukung *output* tampilan ganda 4K pada 60 frame per detik (4Kp60) melalui HDMI. Dukungan kamera yang diperkuat dengan Raspberry Pi *Image Signal Processor* yang diperbarui juga memberikan kemampuan baru bagi pengguna industri. Kombinasi fitur-fitur ini tidak hanya menciptakan pengalaman desktop yang lebih mulus bagi pengguna, tetapi juga membuka potensi aplikasi baru bagi pelanggan di berbagai sektor.

Untuk pertama kalinya, Raspberry Pi 5 merupakan komputer Raspberry Pi ukuran penuh yang menggunakan silikon yang diproduksi secara internal oleh Raspberry Pi. RP1 "*southbridge*" menyediakan sebagian besar kemampuan I/O pada perangkat ini, menghasilkan peningkatan signifikan dalam performa dan fungsionalitas perifer. *Bandwidth* USB agregat meningkat lebih dari dua kali lipat, mendukung transfer data yang lebih cepat ke perangkat eksternal berkecepatan tinggi. *Interface* kamera dan tampilan MIPI dua jalur 1Gbps pada model sebelumnya telah digantikan dengan *transceiver* MIPI empat jalur 1.5Gbps, meningkatkan *bandwidth* dan mendukung kombinasi hingga dua kamera atau layar. Platform ini juga mendukung antarmuka PCI Express 2.0 satu jalur dan peningkatan kecepatan SD card melalui mode SDR104, memberikan fleksibilitas dan kinerja yang lebih baik untuk berbagai aplikasi berkecepatan tinggi [33].

#### d. Perbandingan antara Nvidia Jetson Nano, Raspberry Pi 4, dan Raspberry Pi 5

Pendekatan dalam memilih platform mikrokontroler untuk aplikasi pemantauan pengemudi, melibatkan analisis berbagai spesifikasi teknis yang dapat mempengaruhi kinerja dan efektivitas sistem. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti CPU, memori, GPU, dan konektivitas, pemilihan yang tepat dapat meningkatkan kemampuan deteksi dan respons sistem. Berikut adalah perbandingan antara Nvidia Jetson Nano [34], Raspberry Pi 4 [35], dan Raspberry Pi 5 [34]:

Tabel 2. 6 Perbandingan antara Nvidia Jetson Nano, Raspberry Pi 4, dan Raspberry Pi 5

| Micro Controller             | Nvidia Jetson Nano                                                                                                                                                                                                     | Raspberry Pi 4                                                                                                   | Raspberry Pi 5                                                                                                                                 |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CPU</b>                   | Arm Cortex-A57<br>(quad-core, 1.43GHz)                                                                                                                                                                                 | Arm Cortex-A72<br>(quad-core, 1.8GHz)                                                                            | Arm Cortex-A76<br>(quad-core, 2.4GHz)                                                                                                          |
| <b>Memory</b>                | 4 GB 64-bit LPDDR4                                                                                                                                                                                                     | Up to 8 GB of<br>3200 MHz LPDDR4                                                                                 | Up to 8GB LPDDR4X<br>SDRAM                                                                                                                     |
| <b>Operaring System</b>      | Nvidia JetPack                                                                                                                                                                                                         | Raspberry Pi OS<br>(official)                                                                                    | Raspberry Pi OS<br>(official)                                                                                                                  |
| <b>Ports</b>                 | 4x USB-A 3.0, 1x USB<br>2.0 Micro-B, 1x HDMI<br>2.0, 1x DisplayPort<br>2.0, 1x DisplayPort<br>1.3, Gigabit Ethernet,<br>M.2 Key E, GPIO, I2C,<br>I2S, SPI, UART, MIPI<br>CSI-2 camera<br>connectors, 5V barrel<br>jack | 2x USB 3.0, 2x USB<br>2.0, Ethernet, 2x micro<br>HDMI, Bluetooth 5.0,<br>USB-C, IEEE 802.3af<br>(802.3at Type 1) | 2× USB 3.0, 2× USB<br>2.0, Ethernet, 2x micro<br>HDMI, 2× 4-lane MIPI<br>transceivers, PCIe Gen<br>2.0 interface, USB-C,<br>40-pin GPIO header |
| <b>GPU</b>                   | NVIDIA Maxwell<br>architecture dengan<br>128 NVIDIA CUDA<br>cores                                                                                                                                                      | VideoCore VI                                                                                                     | VideoCore VII                                                                                                                                  |
| <b>Starting Price</b>        | From \$209                                                                                                                                                                                                             | \$61                                                                                                             | \$88                                                                                                                                           |
| <b>Wireless Connectivity</b> | None                                                                                                                                                                                                                   | Bluetooth 5.0, Wi-Fi<br>Dual-Band 2.4GHz to<br>5GHz                                                              | Bluetooth 5.0, Dual-<br>band 802.11ac Wi-Fi                                                                                                    |