

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

Landasan teori penelitian ini berfungsi sebagai landasan yang menjelaskan tentang dasar-dasar dan konsep-konsep terkait yang mendukung kajian optimasi kinerja cluster dengan menggunakan teknologi high-performance computing (HPC). Melalui landasan teori, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis berbagai teori, pendekatan dan metode yang ada serta menghubungkannya dengan implementasi praktisnya dalam penelitian ini. Pemaparan landasan teori ini dimaksudkan untuk mengkonsolidasikan argumen dan dasar pemikiran atas pendekatan yang diambil dan untuk mendukung pemahaman mendalam tentang teknik dan teknologi yang digunakan untuk mengoptimalkan kinerja sistem komputer berkinerja tinggi. Oleh karena itu, pembahasan ini akan mencakup tinjauan literatur yang relevan, penelitian-penelitian serupa sebelumnya serta perkembangan konseptual terkait topik penelitian, guna memberikan gambaran yang jelas dan komprehensif yang menjadi pedoman penelitian ini.

##### **2.1.1 Skalabilitas**

Skalabilitas adalah kemampuan suatu sistem untuk menyesuaikan diri dengan perubahan kebutuhan atau beban kerja, baik meningkat maupun menurun, tanpa mengalami penurunan kinerja yang signifikan. Dalam dunia komputasi, skalabilitas sangat penting karena memastikan sistem dapat tetap efisien dan efektif saat dihadapkan pada variasi beban kerja. Sistem yang skalabel dapat menambah atau mengurangi sumber daya dengan mudah untuk mengakomodasi perubahan ini, memungkinkan operasi yang lebih fleksibel dan responsif terhadap kebutuhan pengguna. Misalnya, dalam konteks komputasi kinerja tinggi (HPC), skalabilitas memungkinkan penambahan node komputasi baru ke dalam cluster untuk menangani peningkatan permintaan, atau sebaliknya, pengurangan node saat beban kerja menurun, tanpa mengganggu kinerja sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, skalabilitas menjadi aspek

kritis dalam desain dan pengelolaan sistem modern yang harus dapat beradaptasi dengan cepat dan efisien sesuai dengan kebutuhan yang terus berkembang.

### **2.1.2 Sumber Daya**

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), sumber daya dapat didefinisikan sebagai aset yang memiliki nilai ekonomi dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Sumber daya ini mencakup berbagai elemen yang berfungsi sebagai bahan baku atau alat dalam proses produksi dan pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Dalam konteks yang lebih luas, sumber daya adalah segala sesuatu yang bisa dimanfaatkan oleh manusia untuk mencapai tujuan tertentu, baik dalam kehidupan pribadi maupun dalam kegiatan industri dan ekonomi. Sumber daya ini dapat dikategorikan menjadi tiga jenis utama: sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya lainnya.

Pertama, sumber daya alam mencakup segala sesuatu yang disediakan oleh alam yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Ini termasuk air, tanah, hutan, mineral, dan energi seperti minyak bumi dan gas alam. Sumber daya alam ini sangat penting karena menjadi dasar bagi banyak proses produksi dan aktivitas ekonomi. Selain itu, mereka juga mendukung ekosistem dan kehidupan makhluk hidup lainnya di bumi.

Kedua, sumber daya manusia merujuk pada kemampuan, keterampilan, dan pengetahuan yang dimiliki oleh individu. Ini mencakup tingkat pendidikan, pengalaman kerja, serta kemampuan dalam mengelola dan memanfaatkan informasi. Sumber daya manusia sangat penting dalam meningkatkan produktivitas dan inovasi. Kemampuan manusia untuk belajar dan beradaptasi dengan perubahan lingkungan serta teknologi baru adalah kunci untuk keberhasilan dan kemajuan suatu organisasi atau negara.

Ketiga, sumber daya lainnya mencakup teknologi, peralatan, dan infrastruktur yang mendukung aktivitas manusia. Ini termasuk komputer, mesin-mesin industri, jaringan telekomunikasi, dan infrastruktur transportasi. Teknologi dan peralatan memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses produksi serta dalam memfasilitasi komunikasi

dan distribusi barang dan jasa. Infrastruktur yang baik juga memastikan bahwa sumber daya alam dan manusia dapat dimanfaatkan secara optimal.

Secara keseluruhan, sumber daya ini saling terkait dan saling melengkapi. Pemanfaatan yang efektif dan efisien dari ketiga jenis sumber daya ini sangat penting untuk pembangunan ekonomi yang berkelanjutan dan peningkatan kualitas hidup masyarakat. Dengan mengelola sumber daya alam secara bijaksana, mengembangkan sumber daya manusia melalui pendidikan dan pelatihan, serta memanfaatkan teknologi dan infrastruktur dengan baik, kita dapat menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan sosial.

#### **2.1.2.1 EEE dan E-Waste**

EEE (Electrical and Electronic Equipment), atau Peralatan Elektronik dan Elektrik, mencakup semua perangkat yang beroperasi menggunakan komponen elektrik atau elektronik, baik yang ditenagai oleh baterai, sumber listrik AC, maupun sumber energi alternatif lainnya. Peralatan ini mencakup berbagai macam perangkat mulai dari peralatan rumah tangga seperti mesin cuci, lemari es, dan microwave, hingga alat komunikasi seperti ponsel, komputer, dan televisi. Selain itu, EEE juga mencakup peralatan canggih yang digunakan di sektor industri, kesehatan, dan transportasi, seperti mesin MRI, perangkat kontrol industri, dan sistem navigasi. Kemajuan teknologi yang pesat telah memperluas cakupan dan kompleksitas EEE, menjadikannya bagian integral dari kehidupan sehari-hari dan operasional berbagai sektor [9].

Di sisi lain, E-waste (Electronic Waste), atau sampah elektronik, merujuk pada peralatan EEE yang tidak lagi diinginkan, rusak, atau sudah mencapai akhir masa pakainya. E-waste mencakup berbagai perangkat elektronik yang telah usang atau tidak lagi berfungsi, seperti ponsel bekas, laptop rusak, televisi lama, dan perangkat elektronik kecil lainnya seperti baterai dan charger. Pengelolaan e-waste yang efisien dan bertanggung jawab sangat penting karena pembuangan barang-barang ini dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Hal ini disebabkan oleh berbagai bahan berbahaya yang sering terkandung dalam perangkat elektronik, seperti

merkuri, timbal, dan kadmium, yang dapat mencemari tanah dan air jika tidak ditangani dengan benar.

Kedua konsep ini, EEE dan e-waste, saling terkait erat. Penggunaan yang terus meningkat dan siklus hidup yang semakin pendek dari perangkat EEE mempercepat produksi e-waste, menambah tantangan dalam pengelolaan limbah elektronik. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang pengelolaan sumber daya dan dampaknya terhadap lingkungan menjadi sangat penting. Ini mencakup upaya untuk mendaur ulang dan memulihkan komponen berharga dari e-waste, serta mengembangkan teknologi dan praktik yang lebih berkelanjutan dalam produksi dan pembuangan EEE. Dengan demikian, pengelolaan EEE dan e-waste memerlukan pendekatan yang holistik dan berkelanjutan untuk meminimalkan dampak lingkungan dan melindungi kesehatan manusia.

### **2.1.3 Komputer**

Komputer, yang berasal dari kata Latin "Computare," yang berarti alat untuk menghitung, telah mengalami evolusi signifikan sejak konsep awalnya. Secara etimologi, istilah "komputer" merujuk pada perangkat yang melakukan kalkulasi aritmatika. Namun, dalam pengertian yang lebih luas dan modern, komputer adalah sebuah sistem elektronik yang kompleks yang mengintegrasikan berbagai komponen untuk mengolah data mentah menjadi informasi yang berguna dan siap digunakan oleh manusia [10].

Komputer terbagi menjadi tiga bagian utama yang saling melengkapi: hardware (perangkat keras), software (perangkat lunak), dan brainware (pengguna atau operator). Perangkat keras komputer mencakup komponen fisik seperti prosesor, hard disk, RAM, CPU, dan motherboard. Prosesor atau CPU adalah otak dari komputer yang melakukan semua perhitungan dan menjalankan perintah. Hard disk berfungsi sebagai media penyimpanan data jangka panjang, sementara RAM menyediakan memori sementara untuk mempercepat akses data yang sering digunakan. Motherboard adalah papan utama yang menghubungkan semua komponen ini sehingga dapat bekerja secara harmonis [10].

Perangkat lunak, di sisi lain, terdiri dari aplikasi dan sistem operasi. Sistem operasi adalah perangkat lunak dasar yang mengelola perangkat keras komputer dan menyediakan lingkungan bagi aplikasi lain untuk berjalan. Aplikasi adalah perangkat lunak yang dirancang untuk membantu pengguna melakukan tugas-tugas tertentu, seperti mengolah kata, mengelola data, atau bermain game. Tanpa perangkat lunak, perangkat keras komputer hanya akan menjadi rangkaian komponen yang tidak berguna.

Brainware, atau pengguna komputer, adalah elemen kunci yang sering kali diabaikan namun sangat penting. Pengguna adalah orang yang mengoperasikan komputer dan memberikan instruksi tentang apa yang harus dilakukan. Brainware mencakup segala sesuatu dari pengguna akhir yang berinteraksi dengan aplikasi hingga administrator sistem yang mengelola jaringan dan infrastruktur komputer.

Menurut beberapa ahli, komputer adalah perangkat elektronik yang sangat sistematis dan akurat dalam memproses berbagai jenis data, termasuk angka, suara, dan gambar. Robert H. Blissmer mendefinisikan komputer sebagai alat yang menerima input, memproses data sesuai dengan instruksi yang diberikan, menyimpan instruksi dan hasilnya, serta menghasilkan informasi sebagai output. Blissmer menekankan pentingnya proses penyimpanan dan pengolahan data dalam definisinya [10].

Sementara itu, V.C. Hamacher mendefinisikan komputer sebagai mesin elektronik yang sangat cepat, yang menerima informasi digital, memprosesnya berdasarkan program yang tersimpan, dan menghasilkan informasi sebagai output. Hamacher menyoroti kecepatan dan efisiensi komputer dalam memproses data sebagai karakteristik utamanya [10].

Dengan demikian, komputer bukan hanya alat untuk melakukan perhitungan sederhana, tetapi merupakan sistem canggih yang memungkinkan manusia untuk melakukan berbagai tugas kompleks dengan lebih efisien dan efektif. Perkembangan teknologi komputer terus berlanjut, dengan inovasi-inovasi baru yang meningkatkan kemampuan dan kinerja perangkat ini,

sehingga semakin memperluas peran komputer dalam kehidupan sehari-hari dan berbagai bidang industri.

#### **2.1.3.1 Super Komputer**

Superkomputer merupakan kelas komputer yang memiliki kinerja paling tinggi dalam pengolahan data, dengan kemampuan untuk menjalankan triliunan operasi titik mengambang per detik, yang dikenal sebagai Floating Point Operations Per Second (FLOPS). Kapasitas ini jauh melampaui komputer pribadi (PC), yang hanya mampu melakukan jutaan instruksi per detik (MIPS). Perbedaan ini menegaskan bahwa superkomputer adalah mesin yang dirancang khusus untuk menangani beban kerja yang sangat besar dan kompleks, yang tidak mungkin ditangani oleh komputer biasa. Penggunaan superkomputer sangat spesifik dan umumnya digunakan oleh lembaga besar untuk aplikasi penelitian dan eksplorasi yang kritis. Misalnya, NASA menggunakan superkomputer dalam misi peluncuran dan pengendalian pesawat ulang-alik serta eksplorasi ruang angkasa, di mana perhitungan presisi tinggi dan simulasi kompleks sangat diperlukan.

Superkomputer, yang memiliki harga sangat tinggi dan ukuran besar, seringkali harus ditempatkan dalam ruangan ber-AC yang luas, atau bahkan memerlukan bangunan tersendiri. Ini karena kebutuhan daya dan pendinginan yang sangat tinggi untuk menjaga kinerja optimal dan mencegah overheating. Selain NASA, berbagai aplikasi khas lainnya untuk superkomputer termasuk studi tentang alam semesta dan Dark Matter, yang memerlukan analisis data dalam skala besar dan pemodelan kosmologis yang mendalam. Riset fenomena gempa bumi juga merupakan salah satu bidang yang diuntungkan dari penggunaan superkomputer, di mana simulasi dan pemodelan seismik dapat membantu memahami dan memprediksi perilaku gempa. Eksplorasi sumber daya alam, seperti minyak dan gas, memerlukan komputasi intensif untuk analisis geologis dan simulasi pengeboran. Selain itu, peramalan cuaca memanfaatkan superkomputer untuk menjalankan model atmosfer yang kompleks, yang dapat memprediksi cuaca dengan akurasi tinggi dalam jangka waktu panjang dan pendek.

Simulasi pengujian senjata nuklir juga menjadi salah satu aplikasi kritis dari superkomputer, di mana keamanan dan efektivitas senjata diuji dalam lingkungan virtual untuk menghindari uji coba fisik yang berbahaya. Di Pakistan, institusi seperti National University of Sciences and Technology (NUST) dan Pakistan Atomic Energy Commission menggunakan superkomputer untuk keperluan penelitian, menunjukkan pentingnya peran superkomputer dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di berbagai negara. Penggunaan superkomputer di institusi-institusi ini mencakup berbagai bidang seperti fisika partikel, rekayasa material, dan bioteknologi, di mana analisis data dan simulasi dalam skala besar sangat diperlukan. Dengan kemampuannya untuk melakukan komputasi pada tingkat yang sangat tinggi, superkomputer menjadi alat yang tidak tergantikan dalam penelitian ilmiah dan pengembangan teknologi mutakhir. Superkomputer tidak hanya mendorong batas-batas pengetahuan manusia tetapi juga memungkinkan inovasi yang berkelanjutan dalam berbagai bidang, dari medis hingga lingkungan, yang berdampak langsung pada kehidupan sehari-hari dan masa depan umat manusia[10].

#### **2.1.3.2 Komputer Mainframe**

Komputer mainframe, meskipun tidak secepat atau sekuat superkomputer, tetap merupakan jenis komputer yang sangat efisien dalam memproses dan menyimpan volume data yang besar. Kemampuan utama dari mainframe terletak pada kapasitasnya untuk menangani beban kerja yang sangat besar dan kompleks secara simultan, yang menjadikannya sangat cocok untuk lingkungan di mana data dalam jumlah besar harus dikelola dengan kecepatan dan keandalan tinggi. Ukurannya yang besar memerlukan penempatan di ruangan yang luas, dilengkapi dengan sistem pendingin udara untuk menjaga suhu operasi yang optimal dan mencegah overheating.

Selain itu, meski biaya pembelian dan pengoperasian mainframe sangat tinggi, faktor ini disebabkan oleh konsumsi listrik yang besar serta kebutuhan infrastruktur pendukung yang kompleks. Namun, investasi ini seringkali dianggap sepadan oleh perusahaan besar dan organisasi pemerintah, mengingat

mainframe dapat mengelola berbagai operasi bisnis yang sangat penting dan sensitif. Misalnya, dalam sektor perbankan, mainframe digunakan untuk memproses transaksi finansial yang jumlahnya sangat besar setiap hari, mengelola data nasabah, serta memastikan keamanan dan integritas data keuangan.

Di sektor pendidikan, mainframe digunakan untuk menyimpan dan mengelola informasi akademik dan administrasi dari ribuan siswa, staf, dan kegiatan akademik lainnya. Begitu pula dalam industri asuransi, mainframe membantu dalam menyimpan dan memproses data pemegang polis asuransi, klaim, dan informasi penting lainnya. Mainframe dipilih karena keandalannya dalam menjaga data penting tetap aman dan dapat diakses dengan cepat dan efisien. Dalam setiap sektor ini, kemampuan mainframe untuk beroperasi tanpa henti dan menangani sejumlah besar data secara efisien membuatnya menjadi komponen vital dari infrastruktur teknologi informasi[10].

### **2.1.3.3 Komputer Mini**

Minicomputer, yang kini lebih dikenal sebagai Midrange Computer atau sistem midrange, adalah jenis komputer yang memiliki kapasitas pengolahan dan penyimpanan yang lebih kecil dari Mainframe namun lebih besar dari Microcomputer. Istilah "minicomputer" pertama kali digunakan pada era 1960-an dan 1970-an untuk menggambarkan komputer yang lebih kecil, lebih murah, dan lebih mudah diakses dibandingkan mainframe besar dan mahal yang mendominasi industri pada saat itu. Meskipun istilah minicomputer dianggap agak usang di dunia teknologi saat ini, perangkat ini masih sering digunakan, terutama dalam lingkungan perusahaan kecil hingga menengah yang membutuhkan solusi komputasi yang handal namun tidak memerlukan kapasitas sebesar mainframe[10].

Minicomputer tidak dirancang untuk penggunaan oleh satu pengguna secara eksklusif; sebaliknya, dalam organisasi besar, berbagai departemen mungkin mengandalkan minicomputer untuk menjalankan fungsi spesifik yang penting bagi operasi harian mereka. Sebagai contoh, departemen produksi bisa memanfaatkannya untuk mengawasi dan mengontrol proses produksi tertentu,

memonitor aliran bahan baku, dan memastikan bahwa produksi berjalan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Departemen keuangan, di sisi lain, dapat menggunakan minicomputer untuk memproses transaksi keuangan, mengelola anggaran, dan menjalankan analisis keuangan yang kompleks [10].

Selain itu, minicomputer juga sering digunakan dalam lingkungan akademis dan penelitian untuk menangani beban kerja yang memerlukan komputasi tinggi namun tidak sebesar yang dibutuhkan oleh mainframe. Dengan kemampuan multi-user yang handal, minicomputer memungkinkan banyak pengguna untuk mengakses dan menggunakan sumber daya komputasi secara bersamaan tanpa mengorbankan kinerja. Dalam banyak kasus, minicomputer berfungsi sebagai server yang mengelola aplikasi dan basis data yang digunakan oleh berbagai pengguna dalam suatu organisasi.

Dengan kemajuan teknologi, perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam minicomputer telah berkembang pesat. Kini, minicomputer modern dilengkapi dengan prosesor yang lebih cepat, memori yang lebih besar, dan kemampuan penyimpanan yang lebih luas dibandingkan pendahulunya. Hal ini memungkinkan minicomputer untuk menangani tugas-tugas yang semakin kompleks dan beragam, menjadikannya pilihan yang efektif untuk bisnis dan institusi yang membutuhkan solusi komputasi yang efisien dan andal.

Meskipun dunia komputasi terus berkembang dengan munculnya teknologi baru seperti komputasi awan dan perangkat komputasi mobile, minicomputer tetap memiliki tempatnya dalam ekosistem teknologi. Mereka menawarkan solusi yang seimbang antara performa dan biaya, menjadikannya pilihan yang ideal untuk banyak organisasi yang mencari keandalan dan fleksibilitas dalam operasi sehari-hari mereka.

#### **2.1.3.4 Komputer Mikro**

Komputer mikro, yang juga dikenal sebagai microcomputer, adalah kategori komputer yang menggunakan mikroprosesor sebagai unit pemrosesan utama atau CPU. Jenis-jenis perangkat yang termasuk dalam kategori ini sangat beragam, mulai dari desktop, laptop, notebook, netbook, ultrabook, hingga perangkat khusus seperti konsol permainan, sistem navigasi dan suara mobil,

personal digital assistant (PDA), tablet, dan smartphone. Microcomputer adalah jenis komputer yang paling sering ditemui di kehidupan sehari-hari dan merupakan jenis yang paling cepat perkembangannya di antara berbagai jenis komputer lainnya. Perangkat ini juga cenderung lebih terjangkau dibandingkan dengan komputer yang lebih besar seperti mainframe atau supercomputer.

Desain microcomputer biasanya ditujukan untuk kebutuhan penggunaan sehari-hari. Misalnya, desktop dan laptop sering digunakan di rumah dan kantor untuk tugas-tugas seperti penulisan dokumen, browsing internet, pemutaran media, dan permainan komputer. Notebook dan netbook, yang lebih kecil dan ringan, cocok untuk mobilitas dan sering digunakan oleh mahasiswa dan profesional yang sering bepergian. Ultrabook, yang lebih tipis dan efisien, menawarkan performa tinggi dalam bentuk yang sangat portabel, menjadikannya pilihan populer bagi mereka yang memerlukan kinerja tinggi dalam paket yang ringan.

Selain itu, perangkat seperti konsol permainan memberikan pengalaman bermain game yang imersif dan terhubung, sementara sistem navigasi dan suara mobil meningkatkan kenyamanan dan keamanan berkendara dengan menawarkan panduan arah yang akurat dan integrasi multimedia. Personal digital assistant (PDA) dan tablet memberikan portabilitas dan fleksibilitas yang lebih besar untuk tugas-tugas sehari-hari seperti pencatatan, manajemen jadwal, dan akses informasi. Smartphone, yang merupakan evolusi dari PDA, telah menjadi perangkat komputasi mikro paling umum, menggabungkan kemampuan telepon dengan berbagai fungsi komputer.

Microcomputer, dengan berbagai bentuk dan fungsinya, telah menjadi bagian integral dari kehidupan modern. Mereka digunakan dalam berbagai konteks, mulai dari hiburan dan pendidikan hingga berbagai keperluan pekerjaan dan komunikasi. Dengan perkembangan teknologi yang pesat, microcomputer terus mengalami peningkatan dalam hal performa, efisiensi energi, dan kemampuan, memungkinkan pengguna untuk melakukan lebih banyak tugas dengan lebih mudah dan efektif. Penggunaan microcomputer yang luas dan diversifikasi membuatnya menjadi tulang punggung dari komputasi

modern, menyediakan alat yang vital untuk interaksi digital dan produktivitas sehari-hari[10].

#### **2.1.4 Server**

Server secara umum adalah sebuah sistem komputer yang dirancang khusus untuk mengelola, menyimpan, mengirim, dan memproses data dalam suatu jaringan. Fungsi utamanya adalah menyediakan layanan atau sumber daya kepada komputer klien lain yang terhubung dalam jaringan tersebut. Server bisa menyediakan berbagai macam layanan, mulai dari berbagi file dan aplikasi, menjalankan aplikasi web, hingga menyimpan data dalam jumlah besar. Dengan peranannya yang sentral, server menjadi komponen kunci dalam memastikan kelancaran operasional berbagai jenis organisasi, mulai dari institusi pendidikan, kantor-kantor kecil, hingga perusahaan besar yang beroperasi di berbagai sektor industri [11].

Dalam praktiknya, server beroperasi dengan cara menerima permintaan dari klien, memproses permintaan tersebut, dan kemudian mengirimkan respons yang sesuai. Misalnya, dalam kasus server web, ketika pengguna mengakses sebuah situs web, browser mereka mengirimkan permintaan ke server web yang kemudian memproses permintaan tersebut dan mengirimkan halaman web yang diminta kembali ke browser pengguna. Begitu pula, server basis data berfungsi untuk menerima permintaan dari aplikasi klien untuk menyimpan atau mengambil data, memproses permintaan tersebut, dan mengirimkan data yang diminta kembali ke klien.

Server dapat dikonfigurasi untuk menjalankan berbagai jenis layanan secara bersamaan. Dalam skala yang lebih kecil, satu server mungkin bertanggung jawab untuk mengelola beberapa tugas sekaligus, seperti menjadi server web, server email, dan server file dalam waktu yang sama. Namun, dalam lingkungan yang lebih besar dan kompleks, server biasanya didedikasikan untuk tugas-tugas tertentu guna meningkatkan efisiensi dan keamanan. Misalnya, perusahaan besar mungkin memiliki server khusus untuk basis data, server khusus untuk aplikasi, dan server khusus untuk penyimpanan file.

Pada tingkat teknis, server biasanya dilengkapi dengan perangkat keras yang lebih kuat dibandingkan dengan komputer klien biasa. Server memiliki prosesor yang lebih cepat, memori yang lebih besar, dan kapasitas penyimpanan yang lebih tinggi untuk menangani beban kerja yang lebih berat. Selain itu, server sering kali dilengkapi dengan fitur redundansi dan keandalan tinggi, seperti catu daya ganda, RAID untuk penyimpanan data, dan kemampuan untuk melakukan pemulihan dari kegagalan sistem tanpa mengganggu layanan.

Keamanan juga merupakan aspek penting dalam pengoperasian server. Server sering kali menjadi target serangan siber karena mereka menyimpan dan mengelola data sensitif. Oleh karena itu, server biasanya dilengkapi dengan berbagai mekanisme keamanan, seperti firewall, enkripsi data, dan sistem deteksi intrusi, untuk melindungi data dan layanan yang mereka sediakan.

Server juga memainkan peran penting dalam mendukung kolaborasi dan komunikasi dalam organisasi. Dengan server yang dikelola dengan baik, karyawan dapat dengan mudah berbagi dokumen, mengakses aplikasi yang dibutuhkan, dan berkomunikasi dengan rekan kerja secara efisien. Dalam era digital saat ini, banyak organisasi juga mengandalkan server untuk menjalankan aplikasi bisnis penting, seperti sistem manajemen hubungan pelanggan (CRM), sistem perencanaan sumber daya perusahaan (ERP), dan alat analitik data yang membantu dalam pengambilan keputusan strategis.

Dengan perkembangan teknologi, server juga mengalami evolusi yang signifikan. Konsep virtualisasi, misalnya, memungkinkan beberapa server virtual berjalan pada satu perangkat keras fisik, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan fleksibilitas dalam manajemen. Selain itu, adopsi cloud computing telah mengubah cara organisasi mengelola infrastruktur IT mereka, dengan banyak yang beralih ke server cloud untuk fleksibilitas, skalabilitas, dan penghematan biaya operasional.

Secara keseluruhan, server merupakan tulang punggung dari banyak operasi digital dan proses bisnis yang kita andalkan setiap hari. Dari menyediakan layanan web dan email hingga mendukung aplikasi bisnis dan penyimpanan data, server memainkan peran vital dalam memastikan bahwa

berbagai sistem dan layanan berjalan dengan lancar dan efisien. Tanpa server yang handal dan efisien, banyak aspek dari kehidupan modern, baik di tempat kerja maupun di rumah, tidak akan berfungsi sebagaimana mestinya.

#### **2.1.4.1 Single server**

Single server atau server tunggal merujuk pada suatu sistem komputer yang beroperasi sebagai satu entitas fisik atau logis, dan bertanggung jawab atas pemrosesan serta penyediaan layanan tanpa melibatkan entitas server lainnya. Dalam pengertian yang lebih sederhana, istilah "single server" menunjukkan bahwa semua tugas dan fungsi server dijalankan oleh satu unit komputer.

Model single server sering digunakan dalam berbagai konteks, mulai dari usaha kecil hingga situs web pribadi, di mana kebutuhan akan pemrosesan data dan lalu lintas pengguna masih dalam batas wajar. Sebagai contoh, banyak usaha kecil menggunakan server tunggal untuk menangani berbagai fungsi seperti hosting situs web, manajemen email, penyimpanan data, dan aplikasi bisnis lainnya. Hal ini dilakukan karena kemudahan implementasi dan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem multi-server atau arsitektur komputasi awan yang lebih kompleks.

Meskipun single server memiliki beberapa kelebihan, seperti kemudahan dalam manajemen dan pengurangan biaya awal, ada beberapa batasan signifikan yang perlu dipertimbangkan. Salah satu batasan utama adalah dalam hal skalabilitas. Seiring dengan pertumbuhan bisnis dan peningkatan kebutuhan akan kapasitas pemrosesan data, single server mungkin tidak lagi mampu menangani beban kerja yang meningkat. Dalam situasi seperti ini, server tunggal dapat menjadi bottleneck, menghambat performa dan kecepatan akses ke layanan yang disediakan.

Selain itu, keandalan juga menjadi isu penting dalam penggunaan single server. Jika satu-satunya server mengalami kegagalan atau downtime, seluruh layanan yang disediakan oleh server tersebut akan terhenti. Hal ini bisa berdampak serius pada bisnis yang sangat bergantung pada ketersediaan layanan secara terus-menerus. Dalam arsitektur server yang lebih kompleks seperti cluster atau cloud computing, kegagalan satu server tidak akan

menyebabkan gangguan besar karena beban kerja dapat dialihkan ke server lain dalam jaringan. Hal ini memungkinkan layanan tetap berjalan meskipun ada sebagian dari infrastruktur yang mengalami masalah.

Untuk mengatasi keterbatasan ini, banyak organisasi beralih ke arsitektur multi-server atau solusi komputasi awan yang menawarkan skalabilitas dinamis dan keandalan yang lebih tinggi. Dalam arsitektur multi-server, beberapa server bekerja bersama-sama untuk menangani beban kerja, sehingga memastikan bahwa jika satu server mengalami masalah, server lain dapat mengambil alih tugas tersebut tanpa mengganggu layanan. Sementara itu, solusi komputasi awan menyediakan fleksibilitas lebih lanjut dengan memungkinkan organisasi untuk menyesuaikan kapasitas pemrosesan dan penyimpanan sesuai kebutuhan secara real-time, serta menyediakan berbagai fitur keamanan dan pemulihan bencana.

Meskipun begitu, single server tetap memiliki tempatnya dalam berbagai skenario, terutama untuk aplikasi yang tidak memerlukan kapasitas pemrosesan tinggi atau di mana biaya merupakan faktor penentu utama. Dengan pemeliharaan yang tepat dan backup data yang rutin, single server dapat menjadi solusi yang andal dan efisien untuk kebutuhan komputasi tertentu.

#### **2.1.4.2 Cloud Server**

Server cloud merujuk pada infrastruktur komputasi yang memanfaatkan sumber daya komputasi yang disediakan melalui teknologi cloud computing. Cloud computing, atau komputasi awan, adalah model penyediaan layanan melalui internet yang memungkinkan akses on-demand ke berbagai sumber daya komputasi seperti server, penyimpanan data, jaringan, basis data, perangkat lunak, dan lainnya. Dengan menggunakan server cloud, organisasi dapat mengakses dan mengelola sumber daya ini secara fleksibel melalui jaringan internet, memberikan kemudahan dalam pengaturan, penggunaan, dan pemeliharaan infrastruktur IT mereka.

Salah satu keunggulan utama dari server cloud adalah fleksibilitas dan skalabilitas yang ditawarkannya, memungkinkan perusahaan menyesuaikan sumber daya komputasi mereka sesuai dengan kebutuhan yang berubah-ubah.

Selain itu, penggunaan server cloud dapat menghindari biaya awal yang tinggi untuk pembelian dan pemeliharaan perangkat keras karena model pembiayaan pay-as-you-go memungkinkan perusahaan membayar hanya untuk sumber daya yang mereka gunakan. Keandalan dan ketersediaan tinggi juga menjadi kelebihan server cloud, karena data dan aplikasi disimpan di beberapa lokasi berbeda, sehingga jika terjadi kegagalan di satu lokasi, layanan tetap berjalan tanpa gangguan. Keamanan merupakan aspek penting lainnya, dengan penyedia layanan cloud umumnya memiliki tim keamanan khusus dan menggunakan teknologi serta praktik keamanan terbaru untuk melindungi data dan infrastruktur dari ancaman siber.

Namun, meskipun cloud computing menawarkan berbagai keuntungan, biaya yang terkait bisa menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan cluster server tradisional. Penggunaan cloud sering kali melibatkan biaya berkelanjutan yang bisa bertambah seiring waktu, terutama jika perusahaan terus menambah kapasitas penyimpanan dan komputasi. Biaya untuk transfer data, penyimpanan cadangan, dan fitur tambahan lainnya dapat meningkat dengan cepat, sehingga dalam jangka panjang, pengeluaran untuk cloud bisa melebihi investasi awal yang diperlukan untuk membangun dan mengelola cluster server sendiri.

Server cloud mendukung berbagai aplikasi dan layanan seperti pengembangan perangkat lunak, penyimpanan dan pemrosesan data, hosting situs web, serta kolaborasi dan produktivitas. Misalnya, pengembang dapat menggunakan server cloud untuk membangun, menguji, dan mengembangkan aplikasi mereka tanpa khawatir tentang infrastruktur dasar. Solusi penyimpanan yang dapat diskalakan dan aman disediakan untuk menyimpan data dalam jumlah besar, dan pemrosesan data dapat dilakukan secara cepat dan efisien, yang sangat penting untuk analisis data dan big data. Banyak perusahaan juga menggunakan server cloud untuk hosting situs web mereka, yang memungkinkan situs web menangani lonjakan lalu lintas dengan lebih baik dan menyediakan pengalaman pengguna yang lebih baik melalui waktu muat yang cepat dan ketersediaan yang tinggi. Layanan cloud seperti Microsoft Office 365

dan Google Workspace memungkinkan tim untuk berkolaborasi secara real-time dari berbagai lokasi, dengan dokumen yang dapat diedit bersama-sama dan alat komunikasi yang mudah diakses dari mana saja.

Dengan perkembangan teknologi yang pesat, server cloud terus berevolusi dan menawarkan fitur-fitur baru yang lebih canggih. Tren masa depan dalam server cloud meliputi penggunaan kecerdasan buatan (AI) dan machine learning untuk otomatisasi dan pengoptimalan proses, penerapan teknologi edge computing untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi, serta peningkatan keamanan dan privasi melalui teknik-teknik baru seperti enkripsi homomorfik. Server cloud telah menjadi komponen penting dalam infrastruktur teknologi informasi modern, memberikan solusi yang efisien, fleksibel, dan ekonomis untuk berbagai kebutuhan bisnis. Namun, perusahaan harus mempertimbangkan dengan cermat biaya jangka panjang yang terkait dengan penggunaan cloud untuk memastikan bahwa mereka mendapatkan nilai maksimal dari investasi mereka. Dengan adopsi yang semakin luas serta inovasi yang terus berlanjut, server cloud akan terus memainkan peran kunci dalam mendukung pertumbuhan dan transformasi digital di berbagai sektor industri.

#### **2.1.5 Cluster**

Cluster adalah sebuah konsep di mana sekelompok komputer fisik terhubung dan bekerja bersama untuk mencapai tujuan utama yaitu meningkatkan ketersediaan, skalabilitas, dan kinerja sistem secara keseluruhan. Dengan menggunakan pendekatan ini, sistem dapat mendistribusikan beban kerja di antara beberapa server, yang pada gilirannya membantu meningkatkan kinerja secara signifikan dan mencegah terjadinya downtime. Ketika salah satu server mengalami kegagalan, cluster server memiliki kemampuan untuk secara otomatis memindahkan operasi ke server lain yang masih berfungsi, sehingga memastikan layanan tetap berjalan tanpa gangguan.

Ada beberapa jenis cluster server yang umumnya digunakan, masing-masing dengan fungsinya sendiri yang spesifik. Yang pertama adalah High Availability (HA) Cluster. HA cluster ini dirancang untuk menyediakan redundansi dan memastikan bahwa aplikasi atau layanan tetap tersedia bahkan

ketika terjadi kegagalan pada salah satu server. Hal ini sangat penting untuk aplikasi yang kritis dan tidak boleh mengalami downtime, seperti layanan keuangan, perbankan, atau kesehatan.

Jenis lainnya adalah Load Balancing Cluster, yang berfungsi untuk menyeimbangkan beban kerja di antara beberapa server. Dengan menyalurkan permintaan pengguna ke beberapa server, load balancing cluster dapat memastikan bahwa tidak ada server yang kelebihan beban sementara yang lain menganggur. Ini tidak hanya membantu dalam meningkatkan kinerja dan responsivitas sistem, tetapi juga memperpanjang umur server dengan menghindari overloading.

Selanjutnya, terdapat High-performance Cluster (HPC) yang digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan pemrosesan komputasi berat. HPC cluster sering digunakan dalam bidang ilmiah dan penelitian, seperti simulasi cuaca, analisis data genomik, atau rendering grafik yang kompleks. Cluster jenis ini memungkinkan pemrosesan paralel yang sangat efisien, di mana tugas komputasi besar dapat dipecah menjadi beberapa tugas kecil yang dijalankan secara bersamaan di berbagai server.

Secara keseluruhan, cluster server memberikan solusi yang efektif dalam mengelola sumber daya komputasi dengan efisien dan andal. Mereka memungkinkan organisasi untuk memberikan layanan web dengan waktu respons yang cepat, menjalankan pemrosesan data paralel untuk analisis yang lebih cepat, dan mengelola basis data dengan skalabilitas yang lebih baik. Selain itu, cluster server juga memungkinkan peningkatan kinerja sistem secara dinamis sesuai dengan kebutuhan, sehingga sangat cocok untuk lingkungan bisnis yang berkembang dan berubah dengan cepat.

Implementasi cluster server juga membawa sejumlah keuntungan lainnya, termasuk kemudahan dalam pemeliharaan dan peningkatan kapasitas. Karena beban kerja dapat didistribusikan, pemeliharaan dapat dilakukan pada satu server tanpa harus mematikan seluruh sistem. Ini memberikan fleksibilitas yang lebih besar dalam manajemen infrastruktur IT. Selain itu, dengan menambahkan server baru ke dalam cluster, organisasi dapat dengan mudah meningkatkan

kapasitas dan kinerja sistem mereka tanpa perlu mengganti infrastruktur yang ada.

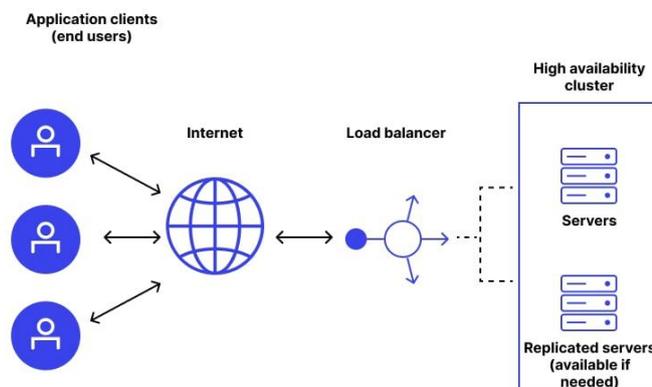
Dengan demikian, penggunaan cluster server menjadi semakin populer di berbagai industri yang mengandalkan teknologi tinggi dan memerlukan sistem yang andal dan dapat diskalakan. Seiring dengan perkembangan teknologi dan meningkatnya kebutuhan akan pemrosesan data yang cepat dan efisien, cluster server diperkirakan akan terus menjadi komponen kunci dalam arsitektur IT modern.

#### **2.1.5.1 High Availability Cluster**

High Availability (HA) Cluster merujuk pada sekelompok server yang dipasangkan sebagai satu kesatuan dan beroperasi dengan mengikuti satu set instruksi yang sama untuk memaksimalkan ketersediaan dan keandalan layanan. HA Cluster dirancang untuk memastikan bahwa aplikasi dan layanan kritis dapat terus beroperasi tanpa gangguan meskipun terjadi kegagalan hardware atau software. Dalam konfigurasi ini, jika satu server mengalami kegagalan, proses atau layanan yang berjalan di server tersebut otomatis akan dipindahkan dan dilanjutkan pada server lain dalam cluster melalui proses yang dikenal sebagai failover. Karena server dalam cluster ini dapat menggantikan server yang gagal dengan server yang berfungsi tanpa intervensi dan hambatan, sistem ini juga dikenal sebagai cluster failover.

Fungsi utama dari HA Cluster meliputi memastikan ketersediaan jaringan server selalu ada, secara otomatis mengganti server yang tidak berfungsi dengan server berikutnya yang berfungsi, mengeliminasi titik kegagalan, meminimalkan kemungkinan waktu henti, dan melakukan tes berkelanjutan sehingga node selalu tersedia. Server dalam cluster HA memiliki penyimpanan bersama dan misi yang sama, namun mereka dapat beroperasi melalui jaringan yang berbeda dan menggunakan beban kerja yang sama untuk menjalankan tugas yang diperlukan.

Untuk memahami lebih lanjut cara kerja HA Cluster, perhatikan Gambar 2.1 yang menunjukkan arsitektur dasar dan cara kerja dari HA Cluster:



*Gambar 2. 1 High Availability Cluster Architecture*

High Availability (HA) Cluster melibatkan beberapa komponen penting yang bekerja secara sinergis untuk memastikan ketersediaan dan keandalan layanan. Pertama, application clients atau end users mengakses layanan melalui internet. Permintaan ini kemudian diterima oleh load balancer, yang berfungsi mendistribusikan beban kerja secara merata ke server-server dalam HA Cluster. HA Cluster terdiri dari beberapa server yang menjalankan aplikasi atau layanan yang sama, dengan satu atau lebih server yang disiapkan sebagai replicated server yang akan aktif jika diperlukan. Protokol heartbeat digunakan oleh server dalam cluster untuk terus memonitor kondisi satu sama lain, mengirim sinyal berkala untuk memastikan semua server berfungsi dengan baik. Jika salah satu server gagal merespons, failover manager dalam cluster otomatis mengalihkan beban kerja ke replicated server yang tersedia, sehingga layanan tetap berjalan tanpa gangguan. Proses ini memungkinkan layanan tetap tersedia dan responsif, meskipun terjadi kegagalan pada salah satu server.

Mekanisme failover dalam HA Cluster dicapai melalui pendeteksian kegagalan yang canggih dan manajemen sumber daya yang otomatis. Jika server tidak merespons, sistem failover diaktifkan, memungkinkan sistem untuk beralih ke server yang masih beroperasi dengan sedikit atau tanpa downtime. Implementasi HA Cluster sangat penting di lingkungan yang menuntut ketersediaan tinggi, seperti layanan perbankan online, sistem manajemen database kritis, dan infrastruktur cloud.

Selain itu, HA Clusters seringkali dilengkapi dengan solusi penyimpanan bersama atau replicated storage untuk memastikan bahwa semua server dalam cluster memiliki akses ke data terbaru dan konsisten. Teknologi seperti Storage Area Networks (SAN) atau sistem file terdistribusi memungkinkan server untuk mengakses storage yang sama, sehingga memudahkan sinkronisasi data dan konsistensi antar server dalam cluster.

Namun, seiring dengan meningkatnya kompleksitas sistem, menjaga ketersediaan tinggi menjadi semakin sulit dicapai. Sistem dengan lebih banyak komponen fungsional dan bergerak akan memiliki banyak titik kegagalan yang sulit untuk dilacak. Oleh karena itu, memelihara ketersediaan sumber daya tanpa memperhatikan kualitas adalah sia-sia. Aplikasi yang selalu tersedia tetapi berkinerja buruk tidaklah baik bagi sebuah organisasi. Oleh karena itu, HA harus menjaga ketersediaan sumber daya dan kinerja berkualitas sebagai hal utama.

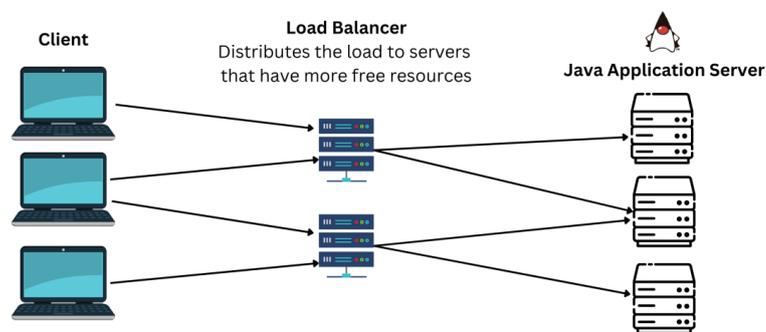
Penting untuk diingat bahwa HA bukan berarti sistem TI tidak akan pernah down. Bahkan dengan praktik terbaik sekalipun, tidak ada HA yang dapat memberikan jaminan ketersediaan sistem 100%. HA akan berusaha memperpanjang ketersediaan sistem tetapi tidak bisa membuatnya 100%. Administrator TI biasanya mengadopsi program open-source untuk pemantauan kesehatan cluster, yang melakukan pemantauan dengan terus-menerus mengirimkan paket data ke mesin yang terhubung dalam cluster dan mengamati waktu respons. Dengan demikian, HA Cluster menjadi komponen vital dalam infrastruktur IT, memberikan solusi yang efisien dan andal untuk meminimalisir waktu henti dan memastikan ketersediaan layanan kritikal secara terus-menerus[12].

#### **2.1.5.2 Load Balancing Cluster**

Load Balancing Cluster adalah infrastruktur kunci yang dirancang untuk memastikan distribusi beban kerja yang efisien dan merata di antara sejumlah server yang tergabung dalam sebuah cluster. Sebuah load balancer secara aktif mendistribusikan lalu lintas jaringan masuk ke beberapa server atau sumber daya, mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya, skalabilitas, dan ketersediaan

aplikasi atau layanan. Load balancer bertindak sebagai pengelola lalu lintas, mendistribusikan permintaan secara merata berdasarkan faktor-faktor seperti kesehatan server, beban kerja, dan algoritma yang telah ditentukan.

Load balancer beroperasi pada berbagai lapisan jaringan, seperti lapisan transportasi (Layer 4) atau lapisan aplikasi (Layer 7), dan menyediakan fungsi-fungsi seperti persistensi sesi, terminasi SSL, dan pemantauan kesehatan. Teknik distribusi beban ini sangat penting dalam meningkatkan skalabilitas aplikasi. Dengan load balancing, aplikasi bisa melayani jumlah permintaan yang lebih besar tanpa terhambat oleh batasan kapasitas server individu. Metode yang digunakan untuk distribusi beban ini bervariasi, termasuk round-robin, di mana permintaan secara bergiliran dialokasikan ke setiap server dalam cluster; least connections, di mana server dengan jumlah koneksi terkecil akan dipilih untuk permintaan baru; dan hash berbasis IP, di mana permintaan dari IP tertentu selalu diarahkan ke server yang sama untuk konsistensi sesi[13].



Gambar 2. 2 Load Balancing Cluster Architecture

Gambar 2.2 menggambarkan arsitektur dasar dari Load Balancing Cluster yang terdiri dari beberapa komponen utama: klien, load balancer, dan Java application server sebagai contoh. Dalam arsitektur ini, klien mengirimkan permintaan mereka ke load balancer yang bertindak sebagai pengelola lalu lintas. Load balancer kemudian mendistribusikan permintaan ini ke berbagai server dalam lapisan aplikasi Java berdasarkan ketersediaan sumber daya yang lebih bebas. Misalnya, load balancer menggunakan algoritma seperti round-robin atau least connections untuk menentukan server mana yang akan

menangani setiap permintaan. Setiap server dalam lapisan aplikasi Java kemudian memproses permintaan tersebut dan mengirimkan respons kembali ke klien melalui load balancer. Dengan demikian, load balancer memastikan bahwa beban kerja didistribusikan secara merata di antara server, yang meningkatkan pemanfaatan sumber daya, ketersediaan aplikasi, dan skalabilitas keseluruhan sistem. Selain itu, load balancer secara rutin memeriksa kesehatan server, memastikan bahwa hanya server yang berfungsi dengan baik yang menerima lalu lintas, sehingga mengurangi risiko waktu henti dan memastikan layanan yang andal bagi pengguna akhir.

Lebih lanjut, Load Balancing Cluster sering dikonfigurasi dengan mekanisme pengecekan kesehatan server secara berkala, yang memungkinkan sistem load balancer untuk mendeteksi server yang tidak berfungsi dengan baik atau offline. Sistem ini kemudian secara otomatis menyisihkan server bermasalah dari pool distribusi beban hingga masalahnya teratasi. Ini memastikan bahwa pengguna akhir selalu menerima layanan yang cepat dan dapat diandalkan tanpa gangguan.

Cluster ini sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan ketersediaan tinggi dan waktu respons yang cepat, seperti aplikasi web, aplikasi transaksional basis data besar, dan layanan streaming media. Dalam implementasi praktisnya, teknologi seperti Network Load Balancer (NLB) atau Application Load Balancer (ALB) sering digunakan, yang memungkinkan administrator sistem untuk secara dinamis menambah atau mengurangi jumlah server dalam cluster sesuai dengan fluktuasi dalam permintaan pengguna.

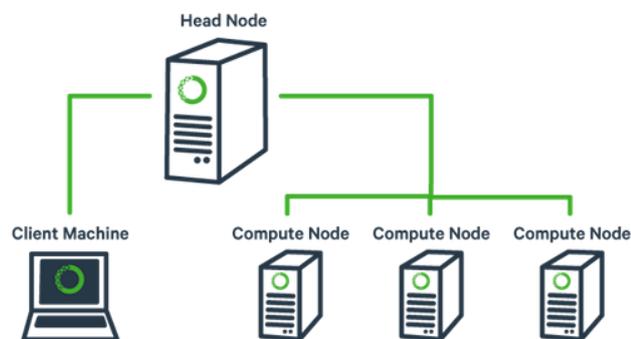
Secara keseluruhan, Load Balancing Cluster adalah komponen penting dari strategi manajemen infrastruktur TI yang bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi, mengurangi waktu henti, dan memastikan pengalaman pengguna yang konsisten dan memuaskan di lingkungan yang menuntut kinerja tinggi dan skalabilitas besar.

### **2.1.5.3 High-Performance Computing**

High-Performance Computing (HPC) merupakan jenis Cluster yang merujuk pada penggunaan sistem komputasi yang memiliki kemampuan tinggi

dalam pemrosesan data dan melakukan tugas komputasi dengan kinerja optimal. Sistem ini dirancang untuk menangani tugas-tugas yang membutuhkan daya komputasi tinggi, seperti pemodelan kompleks, simulasi numerik, dan analisis data skala besar. HPC biasanya melibatkan penggunaan parallel processing, di mana beberapa unit pemrosesan bekerja bersama secara bersamaan untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi. Teknologi ini digunakan dalam berbagai industri, termasuk riset ilmiah, analisis keuangan, desain produk, dan simulasi cuaca. HPC berfokus pada pengoptimalan kinerja komputasi untuk menangani beban kerja yang intensif secara lebih efisien dan cepat.

Sistem HPC umumnya terdiri dari sejumlah besar komputer yang disebut node, yang terhubung dalam sebuah jaringan yang memungkinkan mereka untuk bekerja secara paralel pada satu atau beberapa tugas besar. Sebuah node dalam konteks HPC dapat berupa komputer individual atau server yang dilengkapi dengan CPU, RAM, dan storage yang mumpuni. Dalam konfigurasi HPC, ada dua jenis node utama: head node dan compute node.



*Gambar 2. 3 High Performance Computing Cluster Architecture*

Gambar 2.3 menggambarkan arsitektur dasar dari sistem High-Performance Computing (HPC) yang terdiri dari komponen-komponen utama seperti client, head node, dan beberapa compute node. Cara kerja sistem ini dimulai ketika client mengirimkan permintaan komputasi ke head node. Head node berfungsi sebagai pengelola dan koordinator utama, yang memecah tugas besar menjadi beberapa sub-tugas yang lebih kecil dan dapat dikerjakan secara paralel. Sub-tugas ini kemudian didistribusikan ke compute nodes, yang masing-masing memiliki kemampuan pemrosesan tinggi. Compute nodes memproses sub-tugas

secara bersamaan, memanfaatkan kekuatan pemrosesan paralel untuk menyelesaikan pekerjaan dengan lebih cepat dan efisien. Setelah sub-tugas selesai diproses, hasilnya dikirim kembali ke head node, yang kemudian menggabungkan semua hasil menjadi output akhir yang dikirim kembali ke client. Dengan demikian, HPC memungkinkan pemrosesan data yang sangat besar dan kompleks secara efisien dan cepat, sangat penting untuk aplikasi yang memerlukan kinerja komputasi tinggi seperti simulasi ilmiah, analisis data besar, dan pemodelan kompleks.

Proses kerja HPC dimulai ketika client mengirimkan permintaan komputasi ke head node. Head node menerima dan membagi tugas menjadi beberapa sub-tugas yang dapat dikerjakan secara paralel. Kemudian, head node mendistribusikan sub-tugas ini ke compute nodes yang tersedia dan memantau progres mereka. Compute nodes bekerja secara bersamaan pada sub-tugas masing-masing, memanfaatkan kekuatan pemrosesan paralel untuk menyelesaikan pekerjaan dengan lebih cepat dan efisien. Setelah compute nodes menyelesaikan sub-tugas mereka, hasilnya dikirim kembali ke head node, yang kemudian menggabungkan hasil-hasil tersebut menjadi output akhir yang dikembalikan ke client.

Sistem HPC sangat efektif dalam meningkatkan kecepatan dan efisiensi proses komputasi, memungkinkan pengguna untuk menyelesaikan tugas-tugas yang memerlukan pemrosesan data yang sangat besar dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan sistem komputasi tradisional. Dalam banyak kasus, HPC digunakan untuk menjalankan aplikasi yang membutuhkan pemrosesan data secara real-time atau hampir real-time, seperti prediksi cuaca, simulasi ilmiah yang kompleks, dan analisis pasar keuangan.

Pemrosesan data yang cepat dan efisien sangat penting untuk melatih model yang kompleks, maka HPC sangat penting untuk kemajuan teknologi seperti kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin. HPC menjadi dasar bagi berbagai inovasi dan penelitian di berbagai bidang karena kemampuannya yang luar biasa untuk menangani beban kerja komputasi yang besar.

### **2.1.6 Perangkat Keras Komputer**

Istilah "perangkat keras komputer" mengacu pada semua bagian fisik komputer analog atau digital. Istilah ini membedakan komponen fisik perangkat komputasi dari perangkat lunak. Perangkat lunak terdiri dari instruksi tertulis yang dapat dibaca oleh mesin atau program, yang memberi tahu komponen fisik apa yang harus dilakukan dan kapan harus melakukannya. Perangkat lunak dan perangkat keras saling melengkapi, hanya ketika keduanya bekerja sama dengan baik, sebuah perangkat komputasi dapat beroperasi dengan baik dan menghasilkan output yang bermanfaat[14].

Perangkat keras komputer dapat dikategorikan menjadi komponen internal atau eksternal. Secara umum, komponen internal adalah komponen yang diperlukan untuk melakukan fungsi tertentu komputer, sementara komponen eksternal digunakan untuk meningkatkan atau meningkatkan fungsi komputer. Komponen internal secara kolektif memproses atau menyimpan instruksi yang disampaikan oleh program atau sistem operasi (OS). Ini termasuk[14]:

1. **Motherboard:** Sebuah papan sirkuit cetak yang menampung unit pemrosesan sentral (CPU) dan perangkat keras internal penting lainnya dan berfungsi sebagai pusat hub yang semua komponen perangkat keras lainnya melalui.
2. **CPU:** CPU adalah otak dari komputer yang memproses dan mengeksekusi instruksi digital dari berbagai program; kecepatan jamnya menentukan kinerja dan efisiensi komputer dalam memproses data.
3. **RAM:** RAM, atau RAM dinamis, adalah penyimpanan memori sementara yang membuat informasi langsung dapat diakses oleh program; RAM adalah memori volatile, sehingga data yang disimpan hilang ketika komputer dimatikan.
4. **Hard drive:** Hard drive adalah perangkat penyimpanan fisik yang menyimpan data sementara dan permanen dalam berbagai format, termasuk program, OS, file perangkat, foto, dll.
5. **SSD:** SSD adalah perangkat penyimpanan berbasis solid-state yang menggunakan teknologi memori flash NAND; SSD adalah non-volatile,

sehingga dapat menyimpan data dengan aman bahkan ketika komputer dimatikan.

6. Optical drive: Biasanya berada dalam drive bay perangkat; mereka memungkinkan komputer untuk membaca dan berinteraksi dengan media eksternal nonmagnetik, seperti compact disc read-only memory atau digital video discs.
7. Heat sink: Sebuah komponen pasif yang menarik panas dari komponen untuk mengatur/mengurangi suhu mereka untuk membantu memastikan mereka terus berfungsi dengan baik.
8. GPU: Perangkat ini memproses data grafis dan sering berfungsi sebagai perpanjangan dari CPU utama.
9. NIC: NIC adalah papan sirkuit atau chip yang memungkinkan komputer terhubung ke jaringan; juga dikenal sebagai adaptor jaringan atau adaptor area lokal, biasanya mendukung koneksi ke jaringan Ethernet.

Komponen eksternal, juga disebut komponen periferal, adalah item yang sering terhubung secara eksternal ke komputer untuk mengontrol fungsi input atau output. Perangkat keras ini dirancang untuk memberikan instruksi kepada perangkat lunak (input) atau merender hasil dari eksekusinya (output)[14].

Komponen input umum termasuk:

1. Mouse: Alat penunjuk yang dipegang tangan yang menggerakkan kursor di sekitar layar komputer dan memungkinkan interaksi dengan objek di layar.
2. Keyboard: Perangkat input yang menampilkan set kunci QWERTY standar yang memungkinkan pengguna untuk memasukkan teks, angka atau karakter khusus.
3. Mikrofon: Perangkat yang menerjemahkan gelombang suara menjadi sinyal listrik dan mendukung komunikasi audio berbasis komputer.
4. Kamera: Menangkap gambar visual dan mengalirkannya ke komputer atau melalui komputer ke perangkat jaringan.

5. Touchpad: Perangkat input, eksternal atau tertanam dalam laptop, digunakan untuk mengontrol pointer pada layar tampilan. Biasanya sebagai alternatif untuk mouse eksternal.
6. USB flash drive: Perangkat penyimpanan yang dapat dilepas, eksternal yang menggunakan memori flash dan antarmuka dengan komputer melalui port USB.
7. Memory card: Jenis media penyimpanan eksternal yang portabel, seperti kartu CompactFlash, digunakan untuk menyimpan media atau file data.
8. Switch: Alat yang digunakan untuk mengontrol aliran data dalam jaringan komputer, memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi secara efektif. Switch berfungsi sebagai pusat penghubung yang mengelola dan memproses informasi yang dikirimkan antar perangkat dalam jaringan.

### **2.1.7 Perangkat Lunak Komputer**

Perangkat lunak komputer, atau software, adalah kumpulan instruksi atau program yang memungkinkan komputer menjalankan berbagai fungsi sesuai dengan perintah yang diberikan oleh pengguna. Perangkat lunak ini berperan vital dalam mengoperasikan komputer, mengubahnya dari sekedar kumpulan komponen fisik menjadi sistem yang dapat menjalankan tugas-tugas kompleks. Tanpa perangkat lunak, komputer tidak akan berfungsi dan hanya akan menjadi barang elektronik tak berguna. Software terdiri dari berbagai jenis, termasuk sistem operasi yang mengatur interaksi antara perangkat keras dan pengguna, aplikasi yang melakukan tugas-tugas spesifik, dan bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengembangkan software lain. Secara umum, perangkat lunak menjembatani perintah pengguna kepada perangkat keras komputer, memungkinkan penyelesaian berbagai tugas dan masalah[15].

### **2.1.8 Sistem Operasi**

Sistem operasi adalah perangkat lunak yang memiliki fungsi kontrol serta manajemen terhadap perangkat keras, serta pengelola seluruh sumber daya yang terdapat pada sistem komputer serta penyedia sekumpulan layanan (*system calls*) kepada user guna mempermudah dan memberikan kenyamanan penggunaan serta pemanfaatan sumber daya sistem komputer. Sistem operasi

berfungsi sebagai penghubung antara pengguna mesin dengan perangkat yang dimiliki oleh mesin tersebut, memungkinkan pengguna untuk berkomunikasi dengan perangkat dan melakukan fungsi yang diinginkan[16]. Sistem operasi juga bertugas mengelola memori komputer dan proses-proses yang berjalan di komputer, serta semua perangkat lunak dan perangkat keras[17].

Sistem operasi memiliki beberapa jenis, diantaranya sistem operasi batch, sistem operasi distributed, sistem operasi network, serta sistem operasi yang lain. Sistem operasi batch tidak memungkinkan user berinteraksi langsung dengan komputer, sedangkan sistem operasi distributed menggunakan lebih dari satu CPU untuk menyediakan lebih dari satu real-time application dan user yang banyak. Sistem operasi network memiliki fungsi utama untuk menyediakan layanan yang mampu melakukan manajemen data, user, group, keamanan, aplikasi-aplikasi, serta berbagai fungsi jaringan atau networking.

#### **2.1.8.1 DOS**

DOS, singkatan dari Disk Operating System, adalah sistem operasi yang digunakan untuk mengelola sumber daya yang tersedia pada komputer. Saat menggunakan DOS, pengguna harus memasukkan perintah melalui keyboard. Sistem ini biasa digunakan pada media penyimpanan seperti disket dan hard disk. DOS termasuk dalam keluarga sistem operasi yang dimuat dari perangkat penyimpanan berupa disk ketika sistem komputer dinyalakan. Dalam sistem ini, perintah yang dimasukkan oleh pengguna akan diterjemahkan oleh DOS untuk menjalankan fungsi-fungsi tertentu, seperti menjalankan file program yang berakhiran .bat atau .exe, seringkali dengan berbagai parameter yang ditambahkan setelah nama file. Fungsi utama dari DOS adalah untuk mengorganisasikan dan mengendalikan operasi komputer, mengatur memori, serta mengelola proses dan data input-output. DOS juga dilengkapi dengan fasilitas untuk mengelola file dan direktori, memungkinkan pengguna untuk menampilkan, mengganti, memindahkan, dan menyalin file serta direktori. Kelebihan dari sistem operasi DOS antara lain ukurannya yang kecil dan konsumsi memori yang rendah, serta memiliki kompatibilitas yang tinggi.

Namun, kekurangan dari DOS adalah tidak adanya antarmuka grafis, dengan semua instruksi masih berupa teks[15].

#### **2.1.8.2 UNIX**

Sistem Operasi UNIX dirancang khusus untuk mengelola jaringan komputer dan umumnya digunakan pada komputer workstation. Dikenal juga sebagai Computer Networking Operating System, UNIX pertama kali dikembangkan di laboratorium Bell oleh AT&T. Sistem ini muncul dari proyek yang bernama Multiplexed Information and Computing Service atau Multics pada tahun 1965, dengan tujuan menciptakan sistem operasi yang mendukung multitasking, portabilitas, dan dapat digunakan oleh banyak pengguna secara bersamaan (multiuser). Kelebihan UNIX mencakup hampir tidak ada biaya lisensi, kemampuan menjalankan banyak tugas sekaligus, sistem file yang terorganisir secara hirarkis, kemampuan portabel, dan performa yang lebih unggul dibandingkan Windows NT. Namun, UNIX memiliki kekurangan seperti tingkat kesulitan yang tinggi untuk pengguna biasa, tampilan antarmuka yang kurang menarik, dan kebutuhan akan memori yang relatif besar[15].

#### **2.1.8.3 Windows**

Microsoft Windows adalah Sistem Operasi yang dikembangkan oleh Microsoft Corporation, yang menampilkan antarmuka pengguna grafis (GUI). Ini membuat visualisasi lebih menarik dan memudahkan penggunaan dibandingkan dengan sistem operasi seperti Linux yang bersifat open-source dan membutuhkan pembayaran kepada Microsoft untuk penggunaannya. Contoh versi Windows termasuk Windows 3.10, Windows 3.11 (workgroup), Windows 95, dan Windows 98, yang semuanya dirancang untuk pengguna tunggal. Dibandingkan dengan MS-DOS, Windows memungkinkan pengguna untuk berinteraksi melalui mouse atau keyboard tanpa perlu mengetikkan perintah di command line, memudahkan pembukaan menu, kotak dialog, menjalankan aplikasi, dan mengelola file.

Sistem operasi Windows berfungsi sebagai penghubung antara perangkat lunak dan keras, memungkinkan integrasi yang konsisten dan stabil dalam pengoperasian komputer. Windows juga mengelola sumber daya yang

digunakan, termasuk perangkat lunak dan keras, serta mengatur data input dan output. Kelebihan Windows termasuk antarmuka yang ramah pengguna dan proses instalasi yang sederhana. Namun, kekurangannya termasuk biaya lisensi, kurangnya kode sumber terbuka, keamanan yang rentan terhadap serangan, dan kerentanan terhadap virus[15].

#### **2.1.8.4 Mac OS**

Mac-OS, yang merupakan singkatan dari Macintosh Operating System, adalah sistem operasi yang secara eksklusif digunakan pada komputer Apple. Ini adalah sistem operasi pertama yang mengintegrasikan sistem antarmuka grafis (GUI), dan sejak itu telah menjadi model bagi banyak sistem operasi GUI yang dikembangkan untuk perangkat selain Macintosh. Mac-OS dikenal dengan stabilitasnya, tampilan antarmuka yang sangat cocok untuk kebutuhan multimedia, keamanan tinggi yang membuatnya tahan terhadap serangan peretasan dan virus.

Namun, sistem operasi ini memiliki beberapa kekurangan. Di antaranya adalah harganya yang relatif mahal dibandingkan dengan sistem operasi lain, performa yang kurang optimal untuk kegiatan gaming, dan kenyataan bahwa Mac-OS tidak bersifat open source, yang berarti kode sumbernya tidak tersedia secara bebas untuk diubah atau disesuaikan oleh pengguna atau pengembang[15].

#### **2.1.8.5 Linux**

Sistem Operasi Linux adalah sebuah platform yang bersifat open source, yang artinya pengguna dan pengembang bebas memodifikasi, mendistribusikan, dan menggunakan kode sumbernya berdasarkan lisensi GPL (GNU General Public License). Hal ini memungkinkan pengembangan yang cepat dan kolaboratif oleh berbagai pihak di seluruh dunia. Linux sering dikenal dengan berbagai distribusi atau "distro" yang berbeda, yang masing-masing menawarkan fitur dan kegunaan yang berbeda.

Kelebihan utama dari Linux adalah sifatnya yang open source dan gratis, yang berarti tidak ada biaya lisensi untuk penggunaannya, serta mendukung inovasi dan perkembangan yang cepat. Namun, sistem operasi ini memiliki

beberapa kekurangan, seperti kurangnya kesesuaian untuk pengguna umum yang mungkin kesulitan dalam penggunaan dan instalasi karena kompleksitasnya. Selain itu, pilihan perangkat lunak yang tersedia mungkin lebih terbatas dibandingkan dengan platform yang lebih komersial seperti Windows atau MacOS[15].

### **2.1.9 PelicanHPC**

PelicanHPC adalah distribusi Linux yang dikembangkan khusus untuk memfasilitasi pembuatan dan pengelolaan cluster komputasi paralel dengan mudah dan efisien. Berbasis pada sistem operasi Debian, PelicanHPC menyediakan lingkungan yang siap pakai untuk komputasi berkinerja tinggi (HPC). Distribusi ini dirancang untuk dijalankan sebagai Live CD atau USB, memungkinkan pengguna untuk mengonfigurasi cluster sementara tanpa perlu instalasi permanen pada perangkat keras. Ini otomatis mendeteksi dan mengkonfigurasi perangkat keras yang tersedia, termasuk jaringan antar node, sehingga meminimalkan kebutuhan konfigurasi manual. PelicanHPC dilengkapi dengan berbagai alat dan pustaka yang diperlukan untuk komputasi paralel, termasuk MPI (Message Passing Interface), membuatnya ideal untuk penelitian dan pendidikan yang memerlukan sumber daya komputasi tinggi.

### **2.1.10 Sistem Aplikasi**

Sistem aplikasi adalah seperangkat instruksi khusus yang terdapat di dalam komputer untuk menyelesaikan pemecahan masalah yang digunakan oleh pengguna. Sistem aplikasi ini tidak dapat dijalankan jika tidak ada sistem operasi, artinya ia tidak dapat berdiri sendiri. Sistem aplikasi ini merupakan program komputer yang dibuat atau dirancang khusus dengan tujuan tertentu, dibuat sesuai dengan apa yang terjadi atau domain permasalahannya. Sistem aplikasi adalah program yang siap digunakan yang bertujuan untuk melaksanakan perintah penggunanya. Selain dapat membantu pengguna, sistem aplikasi juga dapat membantu dan mempercepat proses pekerjaan manusia, serta menghasilkan hasil yang lebih akurat dalam memecahkan masalah[15].

Sistem aplikasi adalah program personal komputer yang ditulis dalam suatu bahasa pemrograman dan dipergunakan untuk menuntaskan tugas

perkara tertentu serta melakukan pekerjaan-pekerjaan sesuai kebutuhan yang menggunakan. Ada juga kategori program software sistem aplikasi yaitu[15]:

1. Aplikasi Desktop: Aplikasi Desktop banyak tersedia dan dapat dikategorikan ke pada beberapa kategori. Beberapa asal aplikasi desktop ini memiliki banyak fitur (contohnya adalah mirip MicrosoftWord), serta aplikasi desktop lainnya hanya mempunyai satu atau dua fitur (contohnya adalah mirip aplikasi jam atau kalender).
2. Aplikasi Grafis: Aplikasi grafis adalah sebuah program atau aplikasi untuk bisa mengolah data yang berformat gambar baik menggunakan membuat gambar baru atau juga dapat mengganti gambar yang sudah didesain sebelumnya.
3. Aplikasi Web Browser: Aplikasi Web Browser adalah salah satu bagian yang penting yang berasal dari internet yakni sebagai komunitas jaringan komputer yang memberikan pelayanan (HTTP) dengan begini, definisi teknis dari world wide web itu adalah seluruh sumber daya dan semua pengguna pada internet yang menggunakan HTTP (Hypertext Transfer Protocol).
4. Aplikasi Multimedia: Aplikasi Multimedia adalah satu media hiburan yang dapat kita gunakan jika kita ingin mendengarkan musik MP3 atau juga menonton film yang telah kita unduh, maka kita dapat menggunakan aplikasi ini untuk menikmatinya. Contoh aplikasi multimedia ini seperti, Windows Media Player serta iTunes ini adalah aplikasi pemutar media yang terkenal ketika ini.
5. Aplikasi Communication: Aplikasi Communication adalah aplikasi yang paling banyak digunakan serta yang paling populer. Dimana aplikasi ini digunakan dengan tujuan supaya manusia itu dapat berkomunikasi dengan pengguna personal komputer, smartphone atau juga gadget lain. Contoh aplikasi communication seperti Line, Whatsapp, BBM dll.
6. Aplikasi DBMS (Database Management System): Aplikasi DBMS (Database Management System) adalah aplikasi yang digunakan untuk dapat membuat menyimpan data, memasok data serta untuk menghasilkan

hasil yang berupa isu. Aplikasi seperti ini terdapat yang tersedia secara perdeo, tetapi ada juga yang berbayar. Contoh aplikasi DBMS adalah seperti MySQL, Microsoft Access, Oracle, Foxpro serta lain-lain.

#### **2.1.10.1 OpenMPI**

OpenMPI adalah implementasi sumber terbuka dari Message Passing Interface (MPI), yang dirancang untuk memfasilitasi komunikasi efisien antar proses dalam aplikasi komputasi paralel. Dengan menyediakan framework yang konsisten dan efektif untuk pertukaran data antar prosesor, OpenMPI memungkinkan aplikasi yang dijalankan di berbagai platform komputasi untuk berkomunikasi dalam lingkungan yang terdistribusi, apakah itu di satu mesin atau melintasi jaringan server. Dukungan untuk berbagai bahasa pemrograman seperti C, C++, Fortran, dan Python memastikan bahwa OpenMPI dapat digunakan di berbagai disiplin ilmu, memperkuat integrasi dan kemudahan penggunaan dalam pengembangan aplikasi komputasi paralel [18].

Dalam konteks High Performance Computing (HPC), OpenMPI berperan vital dalam menyederhanakan pengembangan algoritma paralel yang membutuhkan kinerja tinggi dan pengolahan data besar. Fungsionalitasnya memungkinkan efisiensi skala besar dengan meminimalkan waktu yang diperlukan untuk komunikasi antar proses, sementara skalabilitasnya memfasilitasi penggunaan ribuan prosesor secara simultan. Hal ini sangat penting dalam penyelesaian masalah ilmiah dan teknis yang kompleks, yang memerlukan daya komputasi yang signifikan dan sering kali melibatkan pemrosesan paralel intensif. Oleh karena itu, OpenMPI menjadi instrumen penting dalam kemajuan berbagai proyek penelitian dan industri, mendukung eksplorasi ilmiah dan inovasi yang lebih luas dengan meningkatkan efisiensi dan kapasitas komputasi HPC.

#### **2.1.10.2 Ganglia**

Ganglia adalah sistem perangkat lunak pemantauan terdistribusi yang dapat diskalakan untuk sistem komputasi berkinerja tinggi seperti kluster dan Grid. Sistem ini didesain secara hierarkis, ditujukan untuk federasi kluster. Ganglia memanfaatkan teknologi yang sudah banyak digunakan seperti XML

untuk representasi data, XDR untuk transportasi data yang kompak dan portabel, serta RRDtool untuk penyimpanan data dan visualisasi. Sistem ini menggunakan struktur data dan algoritma yang dirancang dengan cermat untuk mencapai overhead per-node yang sangat rendah dan konkurensi yang tinggi. Implementasinya yang kuat telah diporting ke berbagai sistem operasi dan arsitektur prosesor, dan saat ini digunakan di ribuan kluster di seluruh dunia. Ganglia telah digunakan untuk menghubungkan kluster di kampus universitas dan sekitar dunia, dan dapat berskala hingga menangani kluster dengan 2000 node.

Ganglia adalah proyek sumber terbuka dengan lisensi BSD yang berkembang dari Proyek Milenium Universitas California, Berkeley, yang awalnya didanai secara besar-besaran oleh National Partnership for Advanced Computational Infrastructure (NPACI) dan National Science Foundation RI Award EIA-9802069. NPACI didanai oleh National Science Foundation dan berusaha untuk maju dalam sains dengan menciptakan infrastruktur komputasi nasional yang ubiquitous, kontinu, dan merata[19].

Ganglia memainkan peran penting dalam memberikan kemampuan pemantauan dan manajemen yang efisien untuk kluster dan grid komputasi besar dalam lingkungan komputasi berkinerja tinggi (HPC). Dengan desainnya yang hierarkis dan kemampuan skalabilitasnya, Ganglia sangat cocok untuk menangani kompleksitas dan dinamika dari sistem komputasi berkinerja tinggi, yang seringkali terdiri dari ribuan node dan proses. Ganglia sangat membantu administrator sistem dan peneliti memantau kesehatan infrastruktur HPC, mengoptimalkan alokasi sumber daya, dan memastikan efisiensi operasional karena memiliki fitur seperti pemantauan performa real-time, visualisasi data yang mudah dipahami, dan overhead yang rendah. Ganglia membantu menjaga stabilitas dan performa sistem HPC; ini sangat penting untuk kesuksesan proyek penelitian ilmiah dan aplikasi industri skala besar.

### **2.1.10.3 NFS**

NFS (Network File System) adalah sebuah jenis mekanisme sistem file yang memungkinkan penyimpanan (write) dan pengambilan (read) data dari

banyak disk dan direktori dari seluruh jaringan berbagi. NFS memungkinkan pengguna lokal untuk mengakses data dan berkas remote dengan cara yang sama ketika pengguna lokal tersebut mengaksesnya secara local. NFS bekerja menggunakan protokol berbasis file seperti Network File Server (NFS) yang populer pada sistem operasi Linux atau Server Message Block (SMB) yang digunakan pada sistem operasi Windows. Protokol ini bekerja dengan sistem client-server, di mana server NFS menangani otorisasi, otentikasi, dan manajemen klien[20].

NFS sangat penting dalam lingkungan komputasi berkecepatan tinggi (HPC) karena memfasilitasi akses bersama ke data besar dan terdistribusi, yang sangat penting untuk aplikasi HPC karena efisiensi dan kecepatan akses data sangat penting. NFS memungkinkan berbagai node komputasi mengakses dan memproses data secara bersamaan tanpa perlu duplikasi lokal yang memakan waktu dan sumber daya, yang sangat membantu dalam tugas-tugas yang membutuhkan banyak sumber daya. Oleh karena itu, NFS meningkatkan kinerja sistem HPC dengan meminimalkan waktu tunggu untuk akses data dan mempercepat proses komputasi secara keseluruhan.

#### **2.1.10.4 LINPACK**

Linpack adalah sebuah benchmark yang digunakan untuk mengukur kinerja sistem komputer, khususnya dalam konteks operasi komputasi berat seperti yang ditemukan dalam High Performance Computing (HPC). Linpack mengukur seberapa cepat komputer dapat menyelesaikan sebuah masalah aljabar linier numerik, khususnya penyelesaian sistem persamaan linear. Benchmark ini melibatkan dekomposisi matriks menggunakan metode eliminasi Gaussian[21].

Linpack sering digunakan karena memberikan ukuran yang mudah untuk membandingkan kinerja antara komputer-komputer tercepat di dunia. Hasil dari benchmark Linpack digunakan untuk menyusun daftar TOP500, yang mempublikasikan daftar 500 superkomputer tercepat di dunia setiap enam bulan. Penilaian berdasarkan Linpack memungkinkan peneliti dan insinyur

untuk mengukur kemajuan teknologi dan efisiensi dalam komputasi paralel dan distribusi.

Linpack tidak hanya penting sebagai alat pengukuran dalam skala individu atau perangkat tertentu, tetapi juga sangat penting dalam ekosistem komputasi berkecepatan tinggi (HPC). Dalam HPC, kecepatan dan efisiensi dalam mengelola operasi komputasi besar sangat penting, dan Linpack menyediakan metrik standar yang dapat diandalkan untuk menilai dan membandingkan kemampuan komputasi dari berbagai sistem HPC di seluruh dunia. Benchmark ini membantu pengembang dan pengguna sistem HPC menemukan konfigurasi hardware dan software yang paling efektif untuk jenis komputasi tertentu. Mereka juga membantu mendorong inovasi dan peningkatan teknologi komputasi. Selain itu, dengan mengacu pada hasil Linpack, pemangku kepentingan dapat membuat pilihan yang lebih baik tentang sistem yang akan digunakan untuk aplikasi komputasi ilmiah dan teknik yang sangat kompleks, dan memastikan bahwa sumber daya diinvestasikan ke dalam infrastruktur.

#### **2.1.10.5 GNU Octave**

GNU Octave adalah bahasa tingkat tinggi yang terutama ditujukan untuk perhitungan numerik. Program ini menyediakan antarmuka baris perintah yang nyaman untuk menyelesaikan masalah linear dan non-linear secara numerik, serta untuk melakukan eksperimen numerik lainnya menggunakan bahasa yang sebagian besar kompatibel dengan Matlab. Octave juga dapat digunakan sebagai bahasa berorientasi batch.

Octave memiliki alat yang luas untuk menyelesaikan masalah aljabar linear numerik umum, mencari akar dari persamaan non-linear, mengintegrasikan fungsi biasa, memanipulasi polinomial, dan mengintegrasikan persamaan diferensial biasa dan diferensial-aljabar. Program ini mudah diperluas dan disesuaikan melalui fungsi yang didefinisikan pengguna yang ditulis dalam bahasa Octave sendiri, atau menggunakan modul yang dimuat secara dinamis yang ditulis dalam C++, C, Fortran, atau bahasa lainnya[22].

Di lingkungan High-Performance Computing (HPC), Octave menunjukkan kegunaannya melalui kemampuan untuk menangani perhitungan skala besar dengan efisien. Dukungan untuk operasi vektor dan matriks yang sangat optimal, serta kemampuan untuk paralelisasi dan penggunaan efektif dari sumber daya komputasi yang besar, membuat Octave menjadi pilihan yang sangat cocok untuk tugas-tugas yang memerlukan pengolahan data intensif dan simulasi yang kompleks. Selain itu, kompatibilitasnya dengan Matlab memungkinkan pengguna untuk dengan mudah memigrasikan skrip dan fungsi yang sudah ada ke lingkungan HPC tanpa perlu melakukan banyak modifikasi.

#### **2.1.10.6 OpenSSH**

OpenSSH (Open Secure Shell) adalah sebuah suite utilitas yang dirancang untuk menyediakan komunikasi yang aman antar mesin dalam jaringan. Sebagai implementasi sumber terbuka dari protokol Secure Shell (SSH), OpenSSH memfasilitasi enkripsi kuat pada sesi jaringan, menggantikan protokol lama seperti Telnet yang tidak menyediakan keamanan serupa. Suite ini termasuk alat-alat seperti SSH untuk terminal terenkripsi, SCP untuk transfer file yang aman, dan SFTP, yang merupakan bagian dari protokol transfer file dalam SSH. Fitur ini menjadikan OpenSSH sangat penting dalam pengelolaan jaringan dan komunikasi data yang aman, terutama dalam mengamankan transmisi kata sandi dan data sensitif[23].

Sangat penting bagi OpenSSH dalam lingkungan komputasi High-Performance (HPC). Untuk melakukan komputasi yang kompleks, HPC menggunakan kelompok komputer yang sangat kuat, dan OpenSSH memainkan peran penting dalam mengatur komunikasi antara mesin-mesin dalam kelompok tersebut. Salah satu fitur utama OpenSSH adalah kemampuan untuk memungkinkan akses jarak jauh yang aman ke sumber daya komputasi, eksekusi perintah dari jarak jauh, dan transfer file yang aman. Selain itu, kemampuan otomatisasi OpenSSH mengurangi kebutuhan untuk interaksi manual dan meningkatkan keseluruhan reliabilitas sistem. Akibatnya, OpenSSH dianggap sebagai bagian penting dari infrastruktur manajemen HPC.

#### **2.1.10.7 Mozilla Firefox**

Mozilla Firefox adalah peramban web yang dikembangkan oleh Mozilla Foundation dan Mozilla Corporation, berbasis sumber terbuka dan tersedia di bawah lisensi Mozilla Public License. Sejak peluncurannya pada tahun 2002 dengan nama awal "Phoenix", Firefox telah tumbuh menjadi salah satu peramban paling populer, dikenal karena kecepatan, keamanan, dan kemampuan kustomisasi yang luas melalui berbagai ekstensi dan tema. Firefox mendukung penggunaan standar web terbaru seperti HTML5, CSS3, dan JavaScript, yang memungkinkan pengembangan aplikasi web yang interaktif dan kompleks[24].

Meskipun Mozilla Firefox bukanlah program yang dibuat khusus untuk lingkungan Komputasi Berkinerja Tinggi (HPC), peramban ini sangat penting untuk beberapa fungsi operasional. Firefox biasanya digunakan untuk mendapatkan akses ke antarmuka pengelolaan kluster berbasis web, yang memungkinkan teknisi dan peneliti mengelola sumber daya komputasi secara remote. Selain itu, Firefox mendukung pelaksanaan aplikasi berbasis web, yang dapat digunakan untuk visualisasi data besar atau mengatur pekerjaan komputasi dalam penelitian. Selain itu, alat pendidikan dan pelatihan yang dapat diakses melalui Firefox mendukung komunitas HPC dalam belajar dan berbagi pengetahuan, menjadikannya alat yang bermanfaat dalam ekosistem HPC. Namun, alat-alat ini tidak secara langsung menyediakan fungsi atau fitur khusus untuk komunitas HPC.

#### **2.1.10.8 Winbox**

Winbox merupakan sebuah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk memudahkan proses konfigurasi dan pengelolaan konektivitas pada perangkat Mikrotik menggunakan alamat MAC dan protokol IP. Aplikasi ini memberikan kemudahan kepada pengguna untuk mengatur RouterOS Mikrotik melalui antarmuka pengguna grafis (GUI) yang intuitif dan sederhana. Dengan menggunakan Winbox, pengguna dapat secara efektif mengelola berbagai pengaturan dan fitur pada router Mikrotik, memastikan bahwa konfigurasi dapat dilakukan dengan cepat dan mudah, bahkan untuk pengguna yang mungkin tidak terlalu familiar dengan sistem komando berbasis teks[25].

Antarmuka Winbox dirancang untuk memberikan akses cepat dan mudah ke semua fungsi dan fitur yang ada di RouterOS. Pengguna dapat melihat dan mengubah pengaturan jaringan, mengelola firewall, mengatur routing, dan memonitor lalu lintas jaringan semuanya dari satu tempat. Selain itu, Winbox memungkinkan pengguna untuk melakukan pembaruan firmware, mencadangkan dan memulihkan konfigurasi, serta memantau kinerja sistem secara real-time. Dengan fitur drag-and-drop yang memudahkan dan visualisasi yang jelas, Winbox membantu meminimalisir kesalahan konfigurasi yang sering terjadi saat menggunakan antarmuka baris perintah.

Salah satu keunggulan utama Winbox adalah kemampuannya untuk beroperasi menggunakan alamat MAC, yang berarti pengguna dapat terhubung dan mengkonfigurasi perangkat Mikrotik bahkan jika konfigurasi IP belum diatur atau tidak dapat diakses. Hal ini sangat berguna dalam situasi di mana perangkat baru pertama kali diinstal atau jika terjadi masalah jaringan yang mempengaruhi komunikasi berbasis IP. Dengan Winbox, pengguna juga dapat mengakses log sistem, yang memungkinkan mereka untuk melihat dan mendiagnosis masalah jaringan dengan lebih efektif. Secara keseluruhan, Winbox menjadi alat yang sangat penting bagi administrator jaringan dalam mengelola dan mengoptimalkan perangkat Mikrotik, menjadikannya solusi yang efisien dan andal untuk manajemen jaringan.

#### **2.1.10.9 Virtual Box**

VirtualBox adalah perangkat lunak virtualisasi yang dikembangkan oleh Oracle Corporation, yang memungkinkan pengguna menjalankan satu atau lebih sistem operasi tambahan di dalam sebuah komputer yang menggunakan satu sistem operasi utama. Tanpa perlu reboot atau menginstal ulang sistem operasi utama, VirtualBox mendukung berbagai sistem operasi sebagai tamu (guest) dan host, termasuk Windows, macOS, Linux, dan Solaris. Fitur utamanya mencakup multi-platform support, yang memungkinkan instalasi dan penggunaan di berbagai sistem operasi host, serta kemampuan untuk menjalankan berbagai sistem operasi tamu seperti Windows, Linux, Solaris, dan BSD. Salah satu fitur menonjol adalah snapshot, yang memungkinkan pengguna

menyimpan status mesin virtual pada titik waktu tertentu, sehingga memudahkan pengembalian ke keadaan sebelumnya jika terjadi masalah. VirtualBox juga mendukung shared folders, yang memfasilitasi pertukaran file antara sistem operasi host dan tamu, serta berbagai mode jaringan yang memungkinkan komunikasi antara mesin virtual dan jaringan eksternal. Selain itu, paket perangkat lunak tambahan yang disebut Guest Additions dapat diinstal pada sistem operasi tamu untuk meningkatkan kinerja dan integrasi, termasuk fitur seperti shared clipboard, drag and drop, dan peningkatan resolusi layar.

VirtualBox memberikan banyak manfaat, terutama dalam konteks pengembangan dan pengujian perangkat lunak, di mana pengembang dapat menguji aplikasi pada berbagai sistem operasi tanpa memerlukan beberapa komputer fisik. Selain itu, keamanan juga menjadi salah satu manfaat utama, karena menjalankan aplikasi atau file mencurigakan dalam lingkungan virtual melindungi sistem operasi host dari ancaman malware. Dalam bidang pendidikan, VirtualBox memungkinkan pengguna mempelajari dan bereksperimen dengan berbagai sistem operasi dan konfigurasi jaringan tanpa risiko merusak sistem utama. Selain itu, isolasi aplikasi adalah manfaat penting lainnya, di mana aplikasi yang memerlukan lingkungan khusus atau versi sistem operasi tertentu dapat dijalankan dalam mesin virtual untuk menghindari konflik dengan aplikasi lain. Dengan kemampuannya untuk menjalankan berbagai sistem operasi dalam satu komputer fisik, VirtualBox menjadi alat yang sangat berguna bagi pengembang, administrator sistem, dan pengguna yang ingin mengeksplorasi dan menguji sistem operasi serta aplikasi dalam lingkungan yang terisolasi dan aman.

#### **2.1.10.10 Rufus**

Rufus adalah sebuah aplikasi gratis yang digunakan untuk membuat USB drive menjadi bootable, yang sangat berguna untuk instalasi sistem operasi dari USB, melakukan pengecekan sistem, atau pemulihan data. Aplikasi ini mendukung berbagai format sistem file seperti FAT32, NTFS, atau UEFI dan kompatibel dengan banyak file ISO termasuk Windows, Linux, dan berbagai sistem operasi lainnya. Kelebihan Rufus dibandingkan dengan alat serupa

adalah kecepatan proses pembuatannya yang lebih cepat serta kemampuannya untuk membuat media instalasi dari ISO yang sudah ada atau dari CD. Dengan antarmuka yang sederhana namun efisien, Rufus memudahkan pengguna dalam membuat USB bootable dengan cepat dan tanpa kesulitan.

Selain kemudahan penggunaan, Rufus juga menawarkan fitur-fitur canggih yang bermanfaat bagi pengguna yang lebih berpengalaman. Aplikasi ini mampu menangani tugas-tugas seperti pembuatan disk bootable yang mendukung skema partisi MBR dan GPT, yang penting untuk kompatibilitas dengan berbagai jenis BIOS dan UEFI. Rufus juga mendukung pembuatan media instalasi untuk sistem operasi yang memerlukan konfigurasi khusus, seperti distribusi Linux yang memerlukan boot loader tertentu. Dengan pembaruan rutin dan dukungan untuk berbagai bahasa, Rufus memastikan bahwa pengguna di seluruh dunia dapat mengakses dan memanfaatkan alat ini dengan optimal. Fleksibilitas dan keandalannya menjadikan Rufus pilihan utama bagi teknisi IT, pengembang, dan pengguna umum yang membutuhkan solusi cepat dan efektif untuk membuat USB bootable.

### **2.1.11 Python**

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang diciptakan oleh Guido van Rossum dan pertama kali dirilis pada tahun 1991. Python dikenal karena sintaksisnya yang sederhana dan mudah dipelajari, sehingga menjadi pilihan populer bagi pemula maupun programmer berpengalaman. Salah satu prinsip utama dalam desain Python adalah keterbacaan kode, yang memungkinkan pengembang untuk menulis kode yang jelas dan mudah dipahami. Python juga mendukung berbagai paradigma pemrograman, termasuk pemrograman berorientasi objek, prosedural, dan fungsional, membuatnya sangat fleksibel dan dapat digunakan untuk berbagai jenis proyek.

Python memiliki ekosistem yang kaya dengan ribuan pustaka dan modul yang dapat digunakan untuk memperluas fungsionalitasnya. Beberapa pustaka yang populer termasuk NumPy dan pandas untuk analisis data, Django dan Flask untuk pengembangan web, serta TensorFlow dan PyTorch untuk pembelajaran mesin. Kemampuan ini menjadikan Python sebagai bahasa yang

serbaguna dan sering digunakan dalam berbagai bidang seperti ilmu data, pengembangan web, otomatisasi skrip, dan penelitian ilmiah. Komunitas Python yang aktif juga berkontribusi pada pengembangan pustaka dan alat baru, serta menyediakan dukungan dan sumber daya bagi pengguna di seluruh dunia.

Selain itu, Python memiliki dukungan lintas platform, yang berarti kode Python dapat dijalankan pada berbagai sistem operasi seperti Windows, macOS, dan Linux tanpa memerlukan perubahan besar. Interpreter Python yang tersedia secara bebas dan open-source memastikan bahwa siapa pun dapat mengunduh dan menggunakan Python tanpa biaya. Python juga sering digunakan dalam pendidikan, baik di tingkat sekolah maupun universitas, untuk mengajarkan konsep pemrograman dasar hingga lanjutan. Dengan kombinasi kemudahan penggunaan, fleksibilitas, dan komunitas yang mendukung, Python telah menjadi salah satu bahasa pemrograman paling populer di dunia saat ini.

#### **2.1.11.1 NumPy**

NumPy adalah pustaka fundamental untuk komputasi ilmiah dalam Python yang menyediakan dukungan untuk array multidimensi. Dengan NumPy, pengguna dapat membuat dan memanipulasi array dalam berbagai bentuk dan ukuran, mulai dari vektor satu dimensi hingga tensor multi-dimensi yang kompleks. Kemampuan ini sangat penting dalam berbagai aplikasi ilmiah dan teknik di mana data sering kali diatur dalam bentuk array atau matriks. Selain itu, NumPy juga dilengkapi dengan berbagai fungsi matematika tingkat tinggi yang mempermudah operasi aljabar linear, statistik, dan matematika lainnya.

Di samping kemampuannya untuk menangani array, NumPy juga menyediakan operasi vektor yang sangat efisien. Misalnya, operasi dot product (perkalian titik) dan cross product (perkalian silang) yang umum digunakan dalam komputasi grafis dan pemrosesan data ilmiah dapat dilakukan dengan mudah dan cepat menggunakan NumPy. Fungsi-fungsi seperti ``dot()`` dan ``cross()`` dalam NumPy memungkinkan manipulasi vektor dengan sintaks yang bersih dan intuitif. Selain itu, NumPy mendukung operasi aritmatika yang bisa

diterapkan secara elemen-wise pada array, yang sangat menghemat waktu dan usaha dibandingkan melakukan perulangan manual melalui elemen array.

Dalam konteks program pembelajaran mesin, NumPy digunakan untuk menangani operasi matematis yang kompleks dan memproses data dalam bentuk array. Pada program yang menggunakan TF-IDF dan Gradient Boosting Classifier, NumPy membantu dalam mengelola dan mengolah data teks yang diekstraksi serta memfasilitasi perhitungan dalam pipeline pemodelan. Misalnya, saat menggunakan Grid Search untuk Hyperparameter Tuning, NumPy digunakan untuk memanipulasi array yang berisi hasil evaluasi model untuk menemukan kombinasi parameter terbaik. Efisiensi NumPy dalam mengelola array memastikan proses pembelajaran mesin dapat dilakukan dengan cepat dan akurat.

#### **2.1.11.2 Scikit-learn**

Scikit-learn adalah pustaka Python yang digunakan untuk pembelajaran mesin. Pustaka ini menyediakan berbagai alat untuk model klasifikasi, regresi, pengelompokan, pengurangan dimensi, dan pemilihan model. Dalam program tersebut, scikit-learn digunakan untuk beberapa tujuan: TF-IDF Vectorizer (TfidfVectorizer) digunakan untuk mengubah teks menjadi representasi fitur berbasis frekuensi kata yang ditimbang oleh frekuensi dokumen terbalik; Gradient Boosting Classifier (GradientBoostingClassifier) adalah model ensemble yang digunakan untuk klasifikasi, yang menggabungkan beberapa pohon keputusan untuk meningkatkan akurasi prediksi; Grid Search CV (GridSearchCV) digunakan untuk melakukan pencarian hyperparameter secara sistematis menggunakan cross-validation untuk menemukan kombinasi parameter terbaik; Train-Test Split (train\_test\_split) digunakan untuk membagi data menjadi set pelatihan dan pengujian untuk evaluasi model; dan Metrics (accuracy\_score dan classification\_report) digunakan untuk mengevaluasi kinerja model berdasarkan prediksi dan label yang benar.

Scikit-learn dikenal karena kemudahan penggunaannya dan dokumentasi yang komprehensif. Pustaka ini dirancang untuk interaksi yang mulus dengan pustaka lain seperti NumPy dan pandas, yang memungkinkan

pipeline data yang efisien dari pemrosesan awal hingga evaluasi model. Alat-alat dalam scikit-learn mencakup berbagai teknik prapemrosesan data, seleksi fitur, dan teknik validasi silang yang memungkinkan para peneliti dan praktisi untuk membangun dan menyetel model dengan cara yang terstruktur dan mudah direproduksi. Kombinasi fungsi-fungsi ini menjadikan scikit-learn sangat serbaguna dalam berbagai aplikasi pembelajaran mesin, mulai dari analisis teks hingga pengenalan gambar dan data besar.

Dalam konteks program yang digunakan pada pengujian nanti, scikit-learn memainkan peran kunci dalam semua tahap pemodelan. Mulai dari transformasi teks menjadi fitur numerik menggunakan `TfidfVectorizer`, pelatihan model menggunakan `GradientBoostingClassifier`, hingga tuning hyperparameter menggunakan `GridSearchCV`. Evaluasi model dilakukan dengan menghitung akurasi dan menghasilkan laporan klasifikasi untuk memahami kinerja model secara mendalam. Penggunaan scikit-learn memastikan bahwa seluruh proses pembelajaran mesin dilakukan dengan cara yang efisien dan dapat dipertanggungjawabkan, memungkinkan pengembangan model yang kuat dan terukur dalam waktu yang relatif singkat.

### **2.1.11.3 os**

`os` adalah pustaka standar Python yang menyediakan fungsi untuk berinteraksi dengan sistem operasi. Dengan menggunakan `os`, pengguna dapat melakukan operasi seperti membaca dan menulis file, manajemen direktori, dan operasi sistem lainnya. Misalnya, `os.listdir()` digunakan untuk mendapatkan daftar file dalam sebuah direktori, dan `os.path.join()` digunakan untuk membangun jalur file secara aman di berbagai sistem operasi. Pustaka ini sangat penting dalam program yang memerlukan akses dan manipulasi file dan direktori.

`os` mendukung berbagai operasi tingkat rendah yang memungkinkan program berinteraksi langsung dengan sistem operasi. Operasi ini mencakup manajemen proses, seperti menjalankan proses baru dan mengelola proses yang sedang berjalan, serta penanganan sinyal dan interaksi dengan lingkungan eksekusi. Misalnya, `os.system()` memungkinkan eksekusi perintah shell

langsung dari program Python, sementara `os.environ` memungkinkan akses dan modifikasi variabel lingkungan.

Dalam konteks program pembelajaran mesin, `os` digunakan untuk memuat data teks dari direktori yang berbeda berdasarkan labelnya. Hal ini memudahkan pengorganisasian data dan mempersiapkan dataset untuk diproses lebih lanjut. Dengan menggunakan fungsi seperti `os.path.join()` dan `os.listdir()`, program dapat secara dinamis mengakses dan membaca file teks yang diperlukan untuk pelatihan model, memastikan bahwa data diatur dan diakses dengan cara yang efisien.

#### **2.1.11.4 Mpi4py**

`Mpi4py` adalah pustaka Python yang menyediakan antarmuka untuk Message Passing Interface (MPI). MPI adalah standar untuk komunikasi antar proses dalam komputasi paralel. Dengan `mpi4py`, pengguna dapat menulis program Python yang dapat berjalan pada banyak prosesor dan berkomunikasi melalui pesan. Dalam program tersebut, `mpi4py` digunakan untuk inisialisasi MPI dan mendapatkan peringkat serta ukuran dari komunikasi dunia MPI. Ini memungkinkan program untuk didistribusikan dan dieksekusi pada beberapa prosesor, meskipun dalam skenario ini, hanya proses peringkat 0 yang melakukan pekerjaan utama.

`Mpi4py` mendukung berbagai fungsi komunikasi dasar MPI seperti pengiriman dan penerimaan pesan, broadcast, scatter, gather, dan pengurangan. Selain itu, pustaka ini juga mendukung operasi kolektif dan sinkronisasi, yang memungkinkan sinkronisasi dan koordinasi antar proses dalam aplikasi paralel. Dengan menggunakan `mpi4py`, program Python dapat memanfaatkan arsitektur paralel untuk meningkatkan kinerja dan skala aplikasi pada cluster komputer.

Dalam konteks program pembelajaran mesin, `mpi4py` dapat digunakan untuk mendistribusikan tugas-tugas komputasi berat seperti pelatihan model atau pencarian hyperparameter ke beberapa prosesor. Meskipun dalam skenario yang diberikan, hanya proses peringkat 0 yang melakukan pekerjaan utama, `mpi4py` menyediakan kerangka kerja yang memungkinkan perluasan program untuk skenario yang lebih kompleks. Ini bisa mencakup distribusi data,

paralelisasi proses pelatihan, atau agregasi hasil dari beberapa node, yang semuanya berkontribusi pada peningkatan efisiensi dan skalabilitas aplikasi pembelajaran mesin.

#### **2.1.11.5 Time**

Time adalah pustaka standar Python yang menyediakan berbagai fungsi untuk bekerja dengan waktu. Fungsi ini termasuk mengukur waktu eksekusi program, mengatur penundaan waktu, dan mendapatkan waktu saat ini. Misalnya, `time.time()` digunakan untuk mendapatkan waktu saat ini dalam detik sejak epoch, yang berguna untuk mengukur waktu eksekusi suatu proses. Dalam konteks program yang disediakan, time digunakan untuk mengukur total waktu proses dari awal hingga akhir.

Pustaka time mendukung berbagai fungsi terkait penanganan waktu, termasuk konversi antara waktu lokal dan waktu UTC, format waktu menjadi string yang dapat dibaca manusia, dan mengatur penundaan dalam eksekusi program. Fungsi seperti `time.sleep()` memungkinkan penundaan eksekusi program untuk jangka waktu tertentu, yang berguna dalam berbagai aplikasi seperti simulasi, kontrol waktu, dan sinkronisasi proses.

Dalam program pembelajaran mesin, time digunakan untuk mengukur kinerja keseluruhan pipeline pemodelan. Dengan mencatat waktu mulai dan waktu selesai menggunakan `time.time()`, program dapat menghitung total waktu yang dibutuhkan untuk memuat data, melatih model, melakukan pencarian hyperparameter, dan mengevaluasi model. Informasi ini berguna untuk mengoptimalkan dan membandingkan efisiensi berbagai teknik dan parameter pemodelan.

#### **2.1.12 Machine Learning**

Machine Learning (ML) adalah cabang dari kecerdasan buatan yang memungkinkan komputer untuk belajar dari data dan membuat prediksi atau keputusan tanpa diprogram secara eksplisit. Proses ini melibatkan penggunaan algoritma yang menganalisis data untuk mengenali pola, membangun model yang dapat memprediksi hasil baru, dan memperbaiki model tersebut seiring dengan penambahan data. Dalam ML, data berfungsi sebagai bahan bakar utama

yang diperlukan untuk melatih model sehingga dapat memberikan output yang akurat dan relevan.

ML dapat diterapkan dalam berbagai jenis masalah, mulai dari pengenalan gambar hingga prediksi tren pasar, melalui pendekatan yang berbeda seperti supervised learning, di mana model dilatih dengan data berlabel, dan unsupervised learning, yang mencoba menemukan pola dalam data yang tidak berlabel. Pendekatan ini memungkinkan komputer untuk melakukan tugas-tugas yang kompleks dan beragam, termasuk pengenalan pola, analisis prediktif, dan pengambilan keputusan berbasis data.

Salah satu teknik evaluasi yang umum digunakan dalam ML adalah algoritma k-fold cross-validation. Teknik ini membagi dataset menjadi beberapa subset atau folds yang berukuran sama, kemudian model dilatih pada k-1 subset dan diuji pada subset yang tersisa. Proses ini diulang sebanyak k kali dengan subset yang berbeda sebagai data uji, dan rata-rata hasil pengujian digunakan untuk menilai kinerja model. K-fold cross-validation membantu dalam mengevaluasi model secara lebih robust dengan memaksimalkan penggunaan data yang tersedia dan mengurangi kemungkinan overfitting.

### **2.1.13 Sistem Konfigurasi**

Sistem Konfigurasi merupakan kegiatan mengatur atau menyesuaikan perangkat keras atau perangkat lunak agar sesuai dengan kebutuhan serta preferensi dari pengguna. Kegiatan ini biasanya dilaksanakan pada sistem operasi, aplikasi, atau perangkat jaringan seperti router dan switch. Sistem konfigurasi bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat dan sistem dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, serta mendukung berbagai fungsi dan tugas yang diperlukan oleh pengguna atau organisasi. Proses ini bisa dilakukan melalui berbagai metode, termasuk menggunakan antarmuka grafis pengguna (GUI) atau antarmuka baris perintah (CLI), tergantung pada preferensi pengguna dan kemampuan perangkat. GUI sering kali lebih ramah pengguna dan intuitif, sementara CLI memberikan kontrol lebih besar dan fleksibilitas dalam melakukan konfigurasi.

Melakukan konfigurasi yang efisien dan efektif membutuhkan pemahaman mendalam tentang sistem yang akan dikonfigurasi serta penerapan perintah atau alat yang tepat untuk mencapai pengaturan yang dikehendaki. Proses ini melibatkan berbagai langkah, seperti pengaturan parameter dasar, penyesuaian pengaturan lanjutan, serta verifikasi dan pengujian untuk memastikan bahwa perubahan konfigurasi telah diterapkan dengan benar dan tidak menimbulkan masalah. Konfigurasi juga sering kali harus disesuaikan dengan kebijakan dan standar yang berlaku dalam organisasi, serta memperhatikan aspek keamanan untuk melindungi sistem dari ancaman dan serangan yang mungkin terjadi. Sistem konfigurasi melibatkan pengubahan atau modifikasi pada berbagai pengaturan yang ada dalam sistem, yang meliputi berbagai aspek seperti:

1. Jaringan: Meliputi pengaturan alamat IP, subnet mask, gateway, DNS, DHCP, VLAN, dan lain-lain. Pengaturan ini sangat penting untuk memastikan bahwa perangkat dapat terhubung dengan benar ke jaringan, serta mendukung komunikasi dan pertukaran data yang efektif antar perangkat dalam jaringan.
2. Keamanan: Termasuk pengaturan firewall, VPN, SSL, dan kontrol akses (ACL). Aspek keamanan sangat krusial untuk melindungi sistem dari akses yang tidak sah, serangan cyber, serta untuk memastikan integritas dan kerahasiaan data yang diproses dan disimpan dalam sistem.
3. Server: Pengaturan untuk web server, mail server, database server, dan lainnya. Konfigurasi server melibatkan penyesuaian berbagai parameter yang berkaitan dengan kinerja, keamanan, dan fungsionalitas server untuk memastikan bahwa server dapat menangani beban kerja dengan efisien serta memberikan layanan yang andal dan cepat kepada pengguna.
4. Sistem Operasi: Melibatkan pengaturan kernel, driver, pengguna, grub, hak akses, dan sebagainya. Konfigurasi sistem operasi mencakup pengaturan dasar yang mempengaruhi bagaimana sistem beroperasi dan berinteraksi dengan perangkat keras serta aplikasi yang berjalan di atasnya. Pengaturan ini juga mencakup manajemen pengguna dan hak

akses untuk memastikan bahwa hanya pengguna yang berwenang yang dapat mengakses dan memodifikasi sistem.

5. Aplikasi: Termasuk pengaturan database, file konfigurasi, plugin, dan lain-lain. Konfigurasi aplikasi memastikan bahwa aplikasi dapat berjalan dengan optimal sesuai dengan kebutuhan pengguna, termasuk pengaturan yang berkaitan dengan kinerja, integrasi dengan sistem lain, serta keamanan aplikasi.

Sistem konfigurasi yang baik tidak hanya memastikan kinerja optimal dan keamanan sistem, tetapi juga mendukung pemeliharaan dan pemecahan masalah di masa depan serta memastikan bahwa pengaturan yang diterapkan konsisten dengan kebijakan dan standar yang berlaku. Selain itu, sistem konfigurasi ini sering kali didokumentasikan secara rinci untuk memastikan bahwa setiap perubahan dapat ditelusuri dan direplikasi jika diperlukan.

#### **2.1.14 Benchmarking**

Benchmarking adalah proses evaluasi kinerja yang mendalam dari sistem atau perangkat keras untuk mengukur efisiensi dan performa dalam menangani tugas-tugas kompleks. Dalam teknologi, ini sangat penting untuk mengukur kemampuan sistem atau perangkat keras dalam melakukan berbagai tugas penting, seperti pengolahan data, pengolahan gambar, dan operasi matematika yang intensif. Tujuan utama dari benchmarking adalah untuk menilai seberapa baik sebuah sistem atau perangkat keras menjalankan tugas-tugas tersebut dengan efisiensi dan performa yang optimal[26].

Untuk menggambarkan dengan jelas kapasitas dan kecepatan operasi dalam kondisi nyata, benchmarking melibatkan pengukuran menggunakan satuan seperti megahertz (MHz) atau gigahertz (GHz) untuk kecepatan prosesor, megabytes per second (MB/s) atau gigabytes per second (GB/s) untuk kecepatan transfer data, frames per second (fps) untuk kecepatan rendering grafis, Input/Output Operations Per Second (IOPS) untuk efisiensi perangkat penyimpanan dalam menangani operasi baca/tulis data, dan FLOPS untuk mengukur kemampuan prosesor dalam melakukan operasi titik kambang per detik, yang sangat krusial untuk aplikasi-aplikasi komputasi ilmiah dan teknik.

### **2.1.15 Jaringan Komputer**

Jaringan komputer adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komputer serta perangkat lain seperti printer, hub, dan lainnya yang terkoneksi antara satu dengan yang lain melalui media penghubung. Media penghubung tersebut dapat berupa kabel atau wireless. Di dalam jaringan ini, data dapat mengalir antar komputer sehingga memungkinkan pertukaran data antar perangkat yang terhubung. Menurut Sofana (2008), informasi dapat berpindah dari satu komputer ke komputer lain melalui jaringan yang telah terbentuk[25].

Dalam pengertian lain, jaringan komputer adalah kumpulan dari beberapa perangkat atau komputer yang dihubungkan satu sama lain untuk membagikan sumber daya, seperti yang diungkapkan oleh Micro (2012). Sebuah koneksi dianggap terjalin ketika dua komputer bisa saling bertukar informasi. Untuk mencapai tujuan tersebut, tiap komponen di dalam jaringan perlu untuk meminta dan memberikan layanan. Entitas yang meminta atau menerima layanan disebut klien, sementara yang memberi layanan dikenal sebagai server, yang beroperasi dalam model client-server yang banyak digunakan di berbagai aplikasi jaringan. Jaringan komputer ini juga dikategorikan berdasarkan cakupan area geografisnya yang meliputi Local Area Network (LAN), Metropolitan Area Network (MAN), dan Wide Area Network (WAN)[25].

Berikut beberapa komponen penting dan konsep-konsep dasar yang terdapat dalam jaringan komputer:

1. Node: Node merupakan perangkat yang terkoneksi dalam jaringan, contohnya termasuk komputer, server, printer, dan router. Setiap node diidentifikasi oleh alamat unik, yang bisa berupa alamat MAC (Media Access Control) atau alamat IP (Internet Protocol).
2. Perangkat Keras: Komponen ini mencakup semua perangkat fisik yang terlibat dalam pembentukan jaringan, seperti komputer, kabel, router, switch, dan hub. Perangkat keras ini berfungsi untuk menghubungkan node dan memfasilitasi transfer data antarnode.

3. Perangkat Lunak: Ini melibatkan sistem operasi jaringan dan berbagai aplikasi serta protokol yang mendukung komunikasi dan pertukaran sumber daya di antara node-node dalam jaringan.
4. Media Transmisi: Media ini digunakan untuk mentransmisikan data antara node, bisa melalui media fisik seperti kabel tembaga atau serat optik, atau melalui gelombang radio untuk koneksi nirkabel.
5. Topologi Jaringan: Topologi ini mendeskripsikan pengaturan fisik dan logis node dalam jaringan. Topologi yang umum termasuk bintang, ring, mesh, pohon, dan bus.
6. Protokol Jaringan: Protokol adalah kumpulan aturan yang mengatur komunikasi dalam jaringan. Ini termasuk protokol TCP/IP yang menjadi dasar Internet, serta protokol lain seperti HTTP, FTP, dan SMTP.
7. Internet: Internet adalah jaringan terbesar di dunia yang menghubungkan berbagai jaringan komputer global, memungkinkan pertukaran informasi dan akses ke sumber daya secara luas.
8. Aplikasi Jaringan: Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk melakukan komunikasi dan berbagi informasi melalui jaringan, termasuk email, browsing web, pesan instan, dan lain-lain.

Jaringan komputer memungkinkan pemanfaatan sumber daya secara bersama, integrasi data, dan komunikasi antar pengguna, sehingga meningkatkan efisiensi dan kolaborasi, tanpa terbatas oleh lokasi. Selain itu, jaringan juga mempermudah pengembangan dan pemeliharaan perangkat keras, serta memberikan keamanan data yang efektif melalui pengaturan hak akses dan perlindungan terhadap ancaman[27].

#### **2.1.16 NAT**

Network Address Translation (NAT) adalah metode yang digunakan untuk memungkinkan banyak komputer terhubung ke internet menggunakan satu alamat IP terbatas. Keberadaan NAT sering digunakan karena alamat IP yang tersedia terbatas, meningkatkan keamanan, dan memudahkan dalam administrasi jaringan. Karena keterbatasan ini, penyedia layanan internet (ISP) biasanya hanya memberikan satu alamat IP dinamis per pengguna, yang

berubah setiap kali pengguna terhubung ke internet. Dengan penggunaan gateway NAT di sebuah router, alamat IP ini dapat dibagi dan digunakan bersama oleh beberapa komputer untuk mengakses internet secara simultan. Beberapa tipe NAT termasuk:

1. Static NAT: Pada Static NAT, alamat IP eksternal dan port ditetapkan secara manual dan tidak berubah untuk suatu alamat IP internal tertentu. Teknik ini memungkinkan lalu lintas dari jaringan publik diarahkan ke alamat IP internal spesifik. Static NAT banyak digunakan untuk menghubungkan layanan publik seperti server web, email, atau game yang terkoneksi ke jaringan internal agar dapat diakses dari luar jaringan menggunakan alamat IP publik.
2. Dynamic NAT: Teknik ini melibatkan pemberian alamat IP dan port secara dinamis oleh server NAT saat koneksi pertama kali dibuat. Dynamic NAT memungkinkan penggunaan alamat IP publik yang sama oleh host yang berbeda pada waktu yang sama, tergantung pada ketersediaan IP publik. Teknik ini cocok untuk jaringan dengan banyak pengguna yang memerlukan akses internet seringkali digunakan untuk efisiensi penggunaan IP.
3. Masquerading NAT: Pada Masquerading NAT, semua alamat IP yang tidak terdaftar dalam jaringan lokal ditranslasikan ke satu alamat IP publik dan port terdaftar. Router menggunakan nomor port untuk membedakan antar paket yang dikirim atau diterima oleh komputer yang berbeda, memungkinkan banyak klien untuk mengakses internet bersama-sama.

### **2.1.17 Firewall**

Firewall merupakan sebuah sistem yang bertugas melakukan pengaturan akses pada jaringan internal untuk melindungi dari jaringan yang tidak terpercaya, seperti internet. Biasanya, firewall ini terintegrasi dalam router yang berfungsi sebagai gateway antara jaringan lokal dan jaringan eksternal. Firewall tidak hanya mengontrol akses ke jaringan dari luar tetapi juga dari dalam. Berikut adalah beberapa fungsi utama firewall:

1. Melindungi jaringan dari serangan eksternal dan ancaman yang berpotensi merugikan.
2. Mengawasi dan mengelola aliran data yang masuk dan keluar dari jaringan.
3. Memblokir akses dari pengguna atau aplikasi tertentu yang tidak diizinkan.
4. Mengimplementasikan kebijakan keamanan serta mengelola hak akses untuk pengguna.
5. Membatasi dan mengendalikan penggunaan internet oleh pengguna dalam jaringan.

#### **2.1.18 PXE**

Preboot Execution Environment (PXE) merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan komputer untuk mem-boot atau memulai dari jaringan tanpa membutuhkan hard drive atau disk drive lainnya. Ini sangat berguna dalam berbagai skenario, terutama dalam pengaturan yang dimana terdapat banyak komputer, seperti di pusat data atau dalam lingkungan yang diatur secara korporat. Berikut adalah cara kerja PXE:

1. Inisialisasi Jaringan: Saat komputer yang mendukung PXE dinyalakan, sistem BIOS (atau UEFI) komputer akan menginisialisasi kartu jaringan yang terintegrasi yang mendukung PXE.
2. Permintaan DHCP: Komputer kemudian mengirim permintaan DHCP ke jaringan untuk mendapatkan alamat IP serta informasi lain yang diperlukan untuk proses booting dari jaringan. Permintaan ini biasanya mencakup ekstensi yang menandakan bahwa komputer adalah klien PXE.
3. Respon DHCP dan Instruksi Booting: Server DHCP yang mengenali permintaan dari klien PXE akan merespon tidak hanya dengan informasi alamat IP, tetapi juga dengan lokasi server boot (Boot Server) dan path ke file boot yang harus dijalankan. Informasi ini dikirim menggunakan opsi khusus dalam pesan DHCP.
4. Mengunduh File Boot Menggunakan TFTP: Setelah menerima informasi dari server DHCP, komputer klien menggunakan protokol TFTP (Trivial

File Transfer Protocol) untuk mengunduh file boot yang ditunjuk dari server yang ditentukan. File ini umumnya merupakan gambar sistem operasi yang kecil atau installer yang dapat dijalankan secara langsung.

5. Eksekusi File Boot: Setelah file boot berhasil diunduh, komputer akan menjalankan file tersebut, memulai proses instalasi atau booting langsung ke sistem operasi dari jaringan.

Untuk pengelolaan massal perangkat, teknologi PXE sangat efektif karena memungkinkan instalasi atau pemulihan sistem operasi tanpa intervensi manual pada masing-masing komputer. Ini juga sangat bermanfaat dalam situasi di mana konsistensi konfigurasi sistem operasi sangat penting atau di mana hardware komputer tidak dilengkapi dengan media penyimpanan seperti disk drive.

#### **2.1.19 TCP/IP**

TCP/IP adalah kumpulan protokol komunikasi yang digunakan untuk interkoneksi jaringan di Internet, dan merupakan tulang punggung dari komunikasi digital modern. Protokol ini terdiri dari dua komponen utama: Transmission Control Protocol (TCP) dan Internet Protocol (IP), yang bekerja sama untuk mengatur dan memastikan kelancaran transmisi data. TCP/IP mendukung berbagai protokol tingkat tinggi seperti HTTP (HyperText Transfer Protocol) untuk web browsing, FTP (File Transfer Protocol) untuk transfer file, dan SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) untuk pengiriman email. Dengan menggunakan model lapisan yang membagi tugas komunikasi menjadi beberapa tingkatan, TCP/IP memungkinkan sistem yang berbeda untuk berkomunikasi satu sama lain secara efisien dan handal.

TCP bertanggung jawab untuk memastikan bahwa data dikirimkan secara andal dari satu perangkat ke perangkat lain melalui jaringan. Protokol ini memecah data menjadi paket-paket kecil yang dikirimkan secara terpisah dan kemudian disusun kembali di tujuan akhir. TCP menyediakan mekanisme untuk mengatur urutan paket dan mengatasi kesalahan yang terjadi selama transmisi, seperti paket yang hilang atau rusak. Dengan menggunakan pengakuan (acknowledgment) dan pengaturan ulang (retransmission), TCP menjamin

bahwa semua paket data tiba secara utuh dan dalam urutan yang benar, sehingga memastikan keandalan komunikasi data.

IP, di sisi lain, bertanggung jawab untuk mengirimkan paket data dari sumber ke tujuan melalui jaringan yang beragam dan kompleks. IP mengatur bagaimana paket data dibentuk, diarahkan, dan diterima di berbagai jaringan yang berbeda. Setiap perangkat dalam jaringan yang menggunakan TCP/IP diberi alamat IP yang unik, yang memungkinkan data untuk diarahkan ke tujuan yang tepat. IP menggunakan teknik pengalamatan dan routing untuk menentukan jalur terbaik bagi paket data agar sampai ke tujuan dengan efisien. Dengan demikian, IP berperan penting dalam memastikan bahwa data dapat berpindah antar jaringan dengan lancar, meskipun jaringan tersebut memiliki konfigurasi dan teknologi yang berbeda-beda.

Secara keseluruhan, TCP/IP adalah fondasi dari Internet dan komunikasi jaringan global. Kombinasi TCP yang memastikan keandalan data dan IP yang mengatur pengalamatan dan routing, menciptakan sistem yang memungkinkan berbagai jenis perangkat dan jaringan untuk berinteraksi secara mulus. Protokol ini telah menjadi standar komunikasi di Internet, memungkinkan transfer data yang cepat, aman, dan handal di seluruh dunia. Dengan terus berkembangnya teknologi jaringan, TCP/IP tetap menjadi elemen kunci yang mendukung inovasi dan konektivitas global.

#### **2.1.20 DHCP**

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) adalah protokol jaringan yang dirancang untuk menyediakan konfigurasi otomatis pada perangkat yang terhubung ke jaringan. Protokol ini memungkinkan perangkat, seperti komputer, smartphone, dan printer, untuk secara otomatis mendapatkan konfigurasi IP yang diperlukan agar dapat berkomunikasi dengan perangkat lain di jaringan. Konfigurasi ini meliputi pengalokasian alamat IP, subnet mask, gateway default, dan informasi DNS (Domain Name System). Dengan menggunakan DHCP, administrator jaringan dapat mengurangi kebutuhan untuk konfigurasi manual yang memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan,

serta memastikan bahwa setiap perangkat memiliki pengaturan IP yang tepat untuk operasional jaringan yang optimal.

Pada intinya, DHCP bekerja melalui mekanisme client-server. Saat perangkat baru terhubung ke jaringan, perangkat tersebut (DHCP client) mengirimkan permintaan ke server DHCP. Server DHCP, yang biasanya berada dalam router atau server khusus, merespons dengan memberikan konfigurasi IP yang tersedia dari rentang alamat yang telah ditentukan. Proses ini terdiri dari beberapa langkah: perangkat mengirimkan permintaan broadcast untuk alamat IP (DHCPDISCOVER), server DHCP menanggapi dengan penawaran (DHCPOFFER), perangkat memilih salah satu penawaran dan meminta alamat tersebut (DHCPREQUEST), dan akhirnya server mengonfirmasi pengalokasian alamat (DHCPACK). Semua langkah ini terjadi secara otomatis dan biasanya dalam waktu yang sangat singkat, sehingga perangkat bisa segera aktif dan terhubung ke jaringan.

Keuntungan utama dari penggunaan DHCP adalah efisiensi dan kesederhanaan dalam pengelolaan jaringan, terutama dalam lingkungan yang dinamis dan besar. Dengan DHCP, administrator tidak perlu mengonfigurasi alamat IP secara manual untuk setiap perangkat yang terhubung, yang dapat menjadi tugas yang sangat membebani dan rawan kesalahan. DHCP juga mendukung pengelolaan alamat IP yang dinamis, memungkinkan alamat yang tidak lagi digunakan oleh satu perangkat untuk dialokasikan kembali ke perangkat lain. Selain itu, dengan DHCP, administrator dapat dengan mudah mengelola perubahan dalam jaringan, seperti memperbarui gateway atau server DNS, karena perubahan tersebut dapat didistribusikan secara otomatis ke semua perangkat yang terhubung. Hal ini tidak hanya menghemat waktu tetapi juga memastikan konsistensi konfigurasi di seluruh jaringan, meningkatkan keandalan dan kinerja jaringan secara keseluruhan.

#### **2.1.21 TFTP**

TFTP (Trivial File Transfer Protocol) adalah protokol sederhana yang dirancang untuk transfer file tanpa memerlukan otentikasi pengguna. Dirancang untuk operasi ringan dan mudah, TFTP sering digunakan dalam situasi di mana

keamanan tidak menjadi perhatian utama dan kecepatan serta efisiensi lebih diutamakan. Misalnya, TFTP sering digunakan untuk memindahkan file konfigurasi ke dan dari perangkat jaringan seperti router atau switch. Selain itu, protokol ini banyak digunakan dalam proses booting sistem operasi dari jaringan, terutama dalam lingkungan yang membutuhkan pengaturan cepat dan tidak memerlukan tingkat keamanan tinggi, seperti laboratorium pengujian atau jaringan lokal yang aman.

TFTP menggunakan User Datagram Protocol (UDP) sebagai dasar transportasinya, yang membedakannya dari protokol transfer file lainnya seperti FTP yang menggunakan TCP (Transmission Control Protocol). Karena UDP tidak menyediakan jaminan pengiriman, urutan, atau integritas data, TFTP juga mewarisi keterbatasan tersebut. Ini berarti bahwa TFTP tidak memiliki mekanisme built-in untuk memastikan bahwa data dikirim dan diterima dalam urutan yang benar atau bahwa data tersebut tidak rusak selama transmisi. Akibatnya, TFTP lebih rentan terhadap kehilangan paket dan kesalahan jaringan dibandingkan dengan protokol yang lebih kompleks yang menggunakan TCP.

Namun, kesederhanaan dan efisiensi TFTP juga merupakan kekuatannya dalam beberapa aplikasi. Dalam lingkungan yang dikendalikan dengan baik dan dengan perangkat keras yang andal, risiko kehilangan paket dan kesalahan jaringan dapat diminimalkan, sehingga TFTP menjadi pilihan yang praktis. Protokol ini sangat ringan dan membutuhkan sedikit overhead, menjadikannya ideal untuk perangkat dengan sumber daya terbatas atau untuk tugas-tugas di mana kecepatan transfer lebih penting daripada keamanan atau reliabilitas. Dalam praktiknya, penggunaan TFTP sering dilengkapi dengan langkah-langkah tambahan untuk mengatasi kekurangannya, seperti pengaturan ulang otomatis jika terjadi kesalahan atau penggunaan jaringan yang terisolasi untuk menghindari gangguan. Meskipun demikian, untuk aplikasi yang memerlukan keamanan dan keandalan tinggi, protokol lain seperti SFTP atau FTPS biasanya lebih disarankan.

### **2.1.22 SSH**

SSH (Secure Shell) adalah protokol jaringan yang dirancang untuk memungkinkan pertukaran data melalui saluran aman antara dua perangkat jaringan. Protokol ini memberikan tingkat keamanan tinggi dalam komunikasi jaringan, terutama untuk tugas-tugas sensitif seperti login jarak jauh ke sistem komputer, transfer file yang aman, dan manajemen jaringan. Dengan SSH, pengguna dapat mengakses komputer lain dari jarak jauh seolah-olah mereka berada di depan mesin tersebut, yang sangat berguna dalam administrasi sistem dan pemecahan masalah. Keunggulan utama SSH adalah kemampuannya untuk menyediakan enkripsi yang kuat, melindungi data yang dikirim dari penyadapan atau manipulasi oleh pihak yang tidak berwenang.

SSH mendukung berbagai teknik autentikasi untuk memastikan bahwa hanya pengguna yang sah yang dapat mengakses sistem. Teknik autentikasi yang paling umum adalah penggunaan kata sandi, namun SSH juga mendukung autentikasi berbasis kunci, yang dianggap lebih aman. Dalam autentikasi berbasis kunci, pengguna menghasilkan sepasang kunci kriptografi: kunci pribadi yang disimpan dengan aman oleh pengguna dan kunci publik yang ditempatkan di server yang ingin diakses. Ketika pengguna mencoba untuk terhubung, server menggunakan kunci publik untuk menghasilkan tantangan yang hanya dapat dipecahkan oleh kunci pribadi pengguna, sehingga memastikan identitas pengguna tanpa mengirimkan kata sandi melalui jaringan.

Selain login jarak jauh, SSH juga digunakan untuk transfer file yang aman melalui protokol seperti SCP (Secure Copy Protocol) dan SFTP (SSH File Transfer Protocol). SCP memungkinkan pengguna untuk menyalin file antara mesin secara aman, sedangkan SFTP memberikan kemampuan tambahan seperti manajemen file yang lebih canggih. SSH juga memiliki fitur port forwarding, yang memungkinkan pengguna untuk mengamankan koneksi aplikasi lain dengan meneruskan koneksi tersebut melalui terowongan SSH yang aman. Dengan fitur-fitur tersebut, SSH telah menjadi alat penting dalam administrasi jaringan dan keamanan informasi, digunakan oleh administrator

sistem, pengembang, dan profesional keamanan untuk memastikan bahwa komunikasi dan operasi jaringan dilakukan dengan aman.