

Prediksi Tingkat Kebutuhan Bandwidth Jangka Panjang Menggunakan Metode Algoritma Backpropagation

Efrian^{1✉}, Sarjon Defit², Sumijan³
^{1,2,3}UPI YPTK Padang
efrian234@gmail.com

Abstract

In working places, internet has increasingly become an urgent demand, not only in private sectors but also in public domains. Nowadays, government offices are more actively involved in making web-based applications in order to facilitate their public services. This is much more felt this time, due to covid-19 pandemic over the world. Applications such as those web-based and those handling virtual meetings enable government offices to limit physical contacts between people, reducing the risk to being contaminated by the scary virus. Here, bandwidth speed is an important factor to determine the quality and quantity of work performances and work productivities within a government agency. This study aims at measuring and predicting the size of internet bandwidth needed for office use in the provincial office of the Ministry of Religious Affairs in West Sumatra. The basis data of the study is the use of internet bandwidth from the year 2016 up to 2020. Then, the data is processed using the method of Artificial Neural Network (ANN) with BackPropagation algorithm. The result of the experiment is the size of the internet bandwidth actually needed to perform all varieties of working tasks in the office. Out of the prediction of the size of internet bandwidth actually required in the provincial office of the Ministry of Religious Affairs in West Sumatera, it is hoped there will be a recommendation how to issue the most appropriate policy for managing internet bandwidth of the office.

Keywords: internet, bandwidth, artificial neural network, backpropagation, prediction

Abstrak

Internet sudah menjadi kebutuhan penting dalam dunia kerja. Instansi pemerintah juga semakin giat membuat berbagai aplikasi berbasis web untuk memudahkan layanan kepada masyarakat. Apalagi sekarang dunia sedang dilanda pandemi COVID-19. Aplikasi berbasis web, aplikasi virtual meeting dan lain sebagainya sudah menjadi kebutuhan guna menghindari kontak fisik antara instansi pemerintah dengan publik. Kecepatan Bandwidth menjadi penentu peningkatan kinerja dan produktivitas kerja suatu instansi. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan memprediksi kebutuhan Bandwidth internet yang dibutuhkan pada Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat pada tahun mendatang. Data yang diolah untuk penelitian ini pemakaian bandwidth dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2020. Selanjutnya data diolah memakai metode jaringan syaraf tiruan dengan algoritma Backpropagation. Hasil dari pengujian terhadap metode ini ialah kebutuhan bandwidth pada Kanwil kemenag Agama Provinsi Sumatera Barat pada tahun. Dari hasil prediksi kebutuhan bandwidth dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan menggunakan algoritma backpropagation pada Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat dapat direkomendasikan untuk mengajukan kebijakan manajemen manajemen bandwidth internet.

Kata kunci: internet, bandwidth, jaringan syaraf tiruan, backpropagation, prediksi

© 2021 JSisfotek

1. Pendahuluan

Akses Internet telah banyak mengubah cara kerja individu dan organisasi untuk terhubung ke Internet menggunakan komputer dan perangkat lain seperti ponsel dan iPad. Internet digunakan untuk mengakses layanan seperti email dan menjelajahi World Wide Web[1].

E-Government tidak hanya berarti mengkomputerisasi kerja operasi pemerintah dan membuat proses semaksimal mungkin didorong oleh teknologi. Melainkan tentang memberikan transparansi, proses yang disederhanakan dan efisiensi keseluruhan dalam ekosistem. Pelaksanaan E-Government memastikan bahwa ada tata kelola yang baik, kepercayaan dan akuntabilitas di antara para pemangku kepentingan yang mengarah pada warga negara yang sadar dan berdaya dan pertumbuhan ekonomi bangsa yang stabil. Akseptabilitas warga negara adalah alasan utama

keberlanjutan Inisiatif e-Government ini. Oleh karena itu, faktor-faktor seperti kemudahan penggunaan, kualitas layanan yang ditawarkan, parameter efisiensi, Transparansi dan Akuntabilitas, Keamanan dan Privasi, Informasi Lengkap dan Membantu di satu tempat telah diperhitungkan[2].

Pertumbuhan pesat dalam penggunaan Internet menyebabkan permintaan bandwidth yang besar dan meningkat, baik internasional maupun domestik[3]. Kebutuhan akan ketersediaan internet saat ini sangatlah penting dan sangat ditingkatkan, masyarakat kini sangat bergantung pada peran teknologi informasi sehingga memiliki dampak yang sangat penting. Untuk itu harus ada sistem penyedia layanan internet yang baik dan efisien yang harus ekonomis. Internet memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap penyebaran informasi, sehingga melalui Internet semakin banyak orang yang mengakses data [4].

Walaupun setiap server yang digunakan pada jaringan komputer diberikan sejumlah bandwidth, namun bandwidth yang terbatas tersebut harus berkualitas baik. Jika penyediaan bandwidth lebih besar dari penggunaan maka akan timbul pemborosan, sebaliknya jika penyediaan bandwidth lebih kecil dari penggunaan, maka akses informasi bagi pengguna menjadi lambat dan akibatnya operasional suatu instansi akan terhambat[5].

Pengukuran dan analisis lalu lintas internet menghasilkan kumpulan data yang merupakan indikator tren penggunaan, dan kumpulan data tersebut dapat digunakan untuk prediksi lalu lintas melalui berbagai analisis statistik (Adekitan dkk, 2019). Manajemen jaringan adalah proses pengelolaan sumber daya jaringan seperti bandwidth, penyimpanan, CPU, dll untuk meningkatkan kinerja jaringan. Bandwidth adalah sumber daya jaringan yang sangat penting, namun mahal yang harus dikelola dengan baik untuk memberikan keluaran maksimum yang diperlukan yang diharapkan oleh pemilik dan pengguna jaringan[6]. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation ialah salah satu algoritma yang paling umum dipakai untuk menentukan prediksi. Model Backpropagation Neural Network (BPNN) dapat mengidentifikasi hubungan sebab akibat dari beberapa rangkaian waktu tertentu dari fenomena yang mendasari untuk berbagai tujuan, termasuk peramalan, keputusan, dan pengendalian. Model tersebut dapat digunakan untuk sejumlah alasan untuk menganalisis ketergantungan antara beberapa deret waktu lain pada satu waktu, memprediksi nilai masa depan untuk mendukung pengambilan keputusan, desain sederhana, dan skema kontrol praktek output sistem dari target yang diinginkan.

2. Metodologi Penelitian

Dengan memperhatikan cakupan kegiatan penelitian dari waktu melakukan proses penelitian, cara mendapatkan informasi yang diinginkan, tujuan penelitian dan merujuk lebih lanjut kepada referensi serta ahli jaringan komputer, sasaran dari penelitian ini ialah dengan cara apa metode algoritma Backpropagation dapat memprediksi kebutuhan bandwidth berdasarkan jumlah perangkat, serta lama pemakaian internet.

Kerangka kerja penelitian ini dilakukan dan dilaksanakan dengan cara sistematis sebagai pedoman penulis untuk melakukan penelitian agar hasil yang dicapai sesuai dari tujuan yang sudah ditentukan sebelumnya. Kerangka kerja adalah tahapan-tahapan yang akan dikerjakan untuk menyelesaikan masalah yang akan dibahas.



Gambar 1. Kerangka Kerja

2.1. Mengidentifikasi Masalah

Kerangka kerja ini dimulai dari identifikasi masalah, yang bertujuan untuk menjaga konsistensi dari penelitian sehingga penelitian ini lebih terarah, sehingga tujuan dari penelitian yang diharapkan dapat tercapai.

2.2. Menetapkan Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikerjakan pada sebelumnya, maka pada tahap ini ditentukan tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana sistem dapat dalam memprediksi kebutuhan bandwidth jangka panjang pada Kantor Wilayah Kementerian Agama Provinsi Sumatera Barat.

2.3. Mempelajari Literatur

Melalui berbagai studi literatur, dipelajari teori-teori yang berkaitan dengan bandwidth, jumlah perangkat yang digunakan, alamat situs yang sering dituju serta lama waktu penggunaan internet sehingga didapatkan sebuah informasi. Sumbernya berupa buku, jurnal, maupun dari internet yang berkaitan dengan bandwidth dan metode - metode yang berhubungan dengan backpropagation.

2.4. Mengumpulkan Data

Tahapan ini akan dilaksanakan untuk memperoleh data dan informasi yang akhirnya akan mendukung penelitian ini. Data yang dipakai untuk penelitian ini adalah pemakaian bandwidth pada Kanwil kemenag Agama Sumatera Barat dari Tahun 2016 sampai dengan tahun 2020.

2.5. Menganalisa Sistem

Analisis sistem dapat diartikan sebagai penguraian dari suatu sistem yang utuh. Dalam melaksanakan analisis, penelitian melaksanakan beberapa cara dan metode di antaranya metode diskriptif. Dengan cara metode ini data yang ada dikumpulkan, disusun, dikelompokkan, dianalisis sehingga didapatkan beberapa gambaran yang jelas pada masalah penelitian tersebut. Metode komperatif pada metode ini analisis dikerjakan dengan cara membandingkan teori dan praktek sehingga didapatkan gambaran hasil yang jelas tentang persamaan dan perbedaan di antara keduanya.

2.6. Pengujian

Tahap ini akan dilakukan proses perancangan dan metode analisis terhadap pemakaian bandwidth pada Kantor Wilayah Kementerian Agama Provinsi Sumatera Barat dengan menganalisa paket capture di network.

2.7. Membangun Sistem

Tahap ini menjelaskan tentang pembangunan sistem dengan tahapan-tahapan yang telah dilaksanakan pada identifikasi masalah dan menganalisis metode backpropagation, serta melakukan pengujian dan perbaikan sistem sehingga sesuai kriteria yang diinginkan. Software tambahan selain bahasa pemrograman PHP yaitu sebuah framework CodeIgniter untuk mempermudah peneliti dalam mencapai tujuan penelitian ini.

2.8. Menguji Sistem

Tahap berikutnya adalah pengujian terhadap sistem yang sudah dirancang dan dibangun. Hal ini dilakukan untuk melihat sejauh mana metode backpropagation ini mampu untuk memprediksi kebutuhan bandwidth jangka panjang.

Apabila sistem berjalan dengan baik, sistem dapat memprediksi penggunaan bandwidth jangka panjang. Sebaliknya jika sistem tidak berjalan dengan baik maka sistem harus dikoreksi kembali terhadap setting- an dan source code yang dilakukan oleh peneliti sendiri.

Prediksi

Prediksi adalah sebuah proses memperkirakan secara sistematis tentang sesuatu yang paling mungkin terjadi di masa depan berdasarkan mengolah data dan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki. Prediksi bukan berarti memberi jawaban pasti terhadap apa yang akan terjadi, namun memberikan gambaran atau jawaban paling mendekati terhadap apa yang akan terjadi [7].

Bandwidth

Bandwidth adalah sumber daya jaringan yang sangat penting, namun mahal yang harus dikelola dengan baik untuk memberikan keluaran maksimum yang diperlukan yang diharapkan oleh pemilik dan pengguna jaringan. Bandwidth dapat didefinisikan dalam berbagai cara bergantung pada konteksnya. Dalam komputasi, bandwidth dapat didefinisikan sebagai laju bit dari kapasitas informasi yang tersedia atau dikonsumsi yang diukur dalam bit per detik (bps). Bandwidth bisa juga disebut bandwidth jaringan, bandwidth data atau bandwidth digital[6].

Prediksi lalu lintas jaringan adalah keuntungan penting di berbagai wilayah, misalnya, alokasi bandwidth dinamis, keamanan jaringan, dan perencanaan jaringan dan kontrol kemacetan prediktif. Secara umum, dua jenis prediksi dapat diidentifikasi: prediksi jangka panjang dan jangka pendek. Prediksi lalu lintas jangka panjang (jam, hari, tahun) menawarkan estimasi rinci model lalu lintas yang berguna untuk mengevaluasi kebutuhan kapasitas di masa mendatang. Evaluasi ini memungkinkan perencanaan yang lebih tepat dan keputusan pengendalian yang lebih baik. Prediksi periode pendek (milidetik hingga menit) terkait dengan alokasi sumber daya dinamis. Prediksi jangka pendek dapat digunakan untuk meningkatkan mekanisme Quality of Service (QoS) serta untuk kontrol kemacetan dan untuk manajemen sumber daya yang efisien. Hal ini juga dapat digunakan untuk routing paket.

Adalah umum bahwa bandwidth dapat stabil atau bervariasi. Bandwidth yang stabil sama dengan perkiraan perhitungan rata-rata atau tingkat puncak. Namun, bandwidth variabel dapat secara dinamis dialokasikan berbagai algoritma alokasi bandwidth. Alokasi bandwidth berbasis rate rata-rata dapat menyebabkan kepadatan yang berlebihan (high loss rate), sedangkan rate tertinggi dapat menyebabkan zero loss. Ini dapat menyebabkan pemborosan sumber daya jaringan (penggunaan rendah). lebih jauh lagi, pengalokasian bandwidth berdasarkan prediksi telah terbukti lebih efektif, dan skema ini dapat mengarah pada pengelolaan jaringan yang lebih baik dan alokasi sumber daya yang lebih baik.

Artificial Intelligence

Ialah bidang ilmu komputer membahas bagaimana sebuah membikin mesin (komputer) bisa bekerja seperti manusia. Bahkan dengan AI bisa membuat komputer bisa melakukan pekerjaan lebih baik dari manusia[8]. Dengan AI, Komputer ditanamkan model proses berpikir manusia sehingga memiliki pengetahuan, penalaran, sistem pengambilan keputusan hingga bagaimana mengambil tindakan moral yang baik.

Artificial Neural Network

Ialah representasi buatan otak manusia yang sering mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia [9]. Kesadaran terhadap sistem pembelajaran kompleks pada otak biologis menjadi inspirasi terciptanya ANN. [10].

Kelebihan Artificial Neural Network

Menurut berbagai literatur, berikut kelebihan yang dimiliki Artificial Neural Network[10] :

- Mampu menggambarkan model baik linear maupun non linear dengan rentang yang cukup luas.
- Mempunyai daya dalam mendeteksi interaksi yang mungkin bias antara Variabel prediksi
- Sanggup untuk membaca secara komplit tanpa ragu-ragu walaupun hubungan non linear antara variabel bebas dan terikat.
- Mempunyai daya sangat baik untuk memperkirakan secara klasifikasi dan akurat.

Algoritma Backpropagation

Algoritma Backpropagation ialah salah satu metode Jaringan Syaraf Tiruan yang dikenal sangat efektif untuk menyelesaikan masalah yang membutuhkan pemetaan pola, yaitu jika diberikan untuk pola input. Salah satu arsitektur jaringan JST yang dipakai untuk penelitian ini ialah jaringan multi-layer, selain unit input dan output, dapat terdapat satu atau lebih unit lain yang disebut hidden layer yang ditentukan dalam data latih [11].

Pada lapisan input, input divariasikan dengan X_n . Pada lapisan tersembunyi terdapat bobot (V_{ij}) dan bias (V_{0j}), dan Z sebagai data lapisan tersembunyi. Pada lapisan keluaran terdapat bobot (W_{ij}) dan bias (W_{0j}) dengan data keluaran dengan variabel Y [9].

Pertama, saat mengambil input, kita menginisialisasi bobot, kemudian melakukan algoritma proses backpropagation yang terdiri dari komputasi lanjutan yang bertujuan untuk melacak ukuran kesalahan dan komputasi kembali untuk memperbarui dan menyesuaikan bobot. Pemutakhiran bobot dapat dikerjakan dengan dua tahapan, yaitu tanpa momentum dan dengan momentum. Namun, apa yang dijelaskan di bawah ini dalam memperbarui bobot dilakukan tanpa memperhatikan besaran momentum.

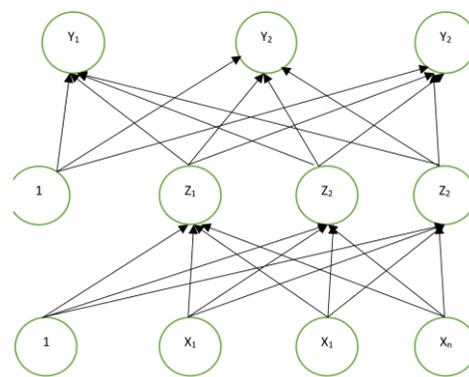
Epoch adalah serangkaian langkah dalam mempelajari JST. Satu epoch didefinisikan sebagai satu kali pembelajaran JST. Setiap lapisan terdiri dari beberapa jumlah neuron berdasarkan spesifikasi masalah yang dirancang oleh pengguna. Setiap lapisan menerima

input yang dihasilkan dari lapisan sebelumnya dan juga menghasilkan output melalui fungsi aktivasi ke lapisan berikutnya dalam jaringan.

Pola Backpropagation

Backpropagation melatih jaringan untuk memperoleh keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang dipakai selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang tepat terhadap pola masukan yang serupa (tapi tidak sama) dengan pola yang digunakan sewaktu pelatihan [11].

Backpropagation mempunyai beberapa unit yang ada dalam satu atau lebih layer tersembunyi. Seperti pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2 Arsitektur Backpropagation Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi yang dipakai harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain : kontinu, terdiferensial dengan mudah dan yaitu fungsi tidak turun. Salah satu fungsi yang memenuhi ketiga kriteria tersebut sehingga selalu digunakan yaitu fungsi sigmoid biner yang mempunyai range (0, 1).

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \text{ dengan turunan}$$

$$f'(x) = f(x)(1-f(x))$$

Pelatihan Standar Backpropagation

Pelatihan backpropagation terdapat 3 fase. Fase pertama adalah fase maju. Pola masukan dihitung maju mulai dari layer masukan hingga layer keluaran menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Fase kedua ialah fase mundur.

Data

Agar dalam analisa dan perancangan sistem lebih terstruktur maka bentuk alat bantu berupa bagan alir

analisa dan perancangan seperti pada Gambar 3 berikut ini:



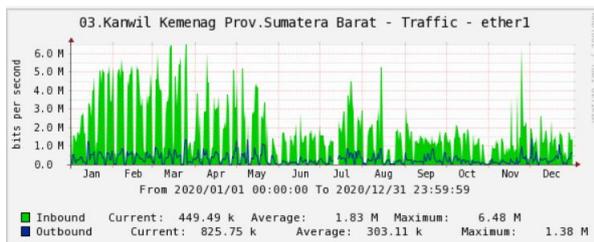
Gambar 3 Bagan Alir Analisa dan Perancangan

Langkah awal yang dilakukan dalam analisa dan perancangan sistem adalah mempersiapkan data. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap data yang dipakai pada penelitian ini, yaitu melatih Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan metode Backpropagation. Setelah mendapatkan Jaringan Syaraf Tiruan yang terlatih, akan dilakukan perancangan sistem memakai Jaringan Syaraf Tiruan tersebut.

Data yang dipakai untuk proses penelitian ini diperoleh dari Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat. Peneliti menyerahkan surat izin pengumpulan data untuk melakukan penelitian dari Program Studi Magister Teknik Informatika kepada Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat. Kemudian pihak Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat yang juga merupakan tempat peneliti bekerja, memberikan data yang dibutuhkan.

Adapun data yang dikumpulkan adalah data total penggunaan bandwidth bulanan pada Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2020. Untuk akses internet, Kementerian Agama Republik Indonesia menggunakan jaringan Virtual Private Network (VPN) yang terkoneksi ke seluruh Kanwil kemenag Provinsi se Indonesia.

Data total penggunaan bandwidth pada Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat diperoleh dari akun MRTG (the Multi Router Traffic Grapher) yang dibuatkan khusus untuk peneliti dalam pengambilan data untuk penelitian ini. MRTG (the Multi Router Traffic Grapher) ialah aplikasi buatan Tobias Oetiker yang dipakai untuk memantau beban trafik pada link jaringan. Tampilan grafik pemakaian bandwidth pada Kanwil kemenag Sumatera Barat Tahun 2020 pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Grafik Pemakaian Bandwidth pada Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat Tahun 2020.

Melalui akun MRTG, peneliti bisa melihat data pemakaian bandwidth pada Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat secara harian, mingguan dan bulanan. Namun data yang dipakai pada proses penelitian ini adalah data total pemakaian bandwidth bulanan dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2020.

Data yang Digunakan

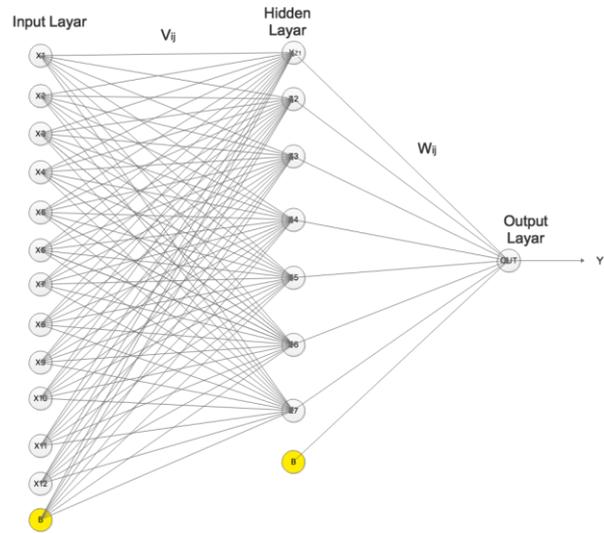
Data yang dipakai untuk proses penelitian ini yaitu data pemakaian bandwidth pada Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2020 yang dikalkulasikan penggunaan dalam jangka waktu 1 bulan. Berikut ini adalah Tabel dari data penggunaan bandwidth pada Kantor Wilayah Kementerian Agama Sumatera Barat dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2020.

Tabel 1 Tabel Data Pemakaian Bandwidth pada Kanwil kemenag Sumatera Barat tahun 2016 - 2020

Data	Bandwidth
Bulan-Tahun	(Mb/s)
Jul-16	39.1
Aug-16	40.11
Sep-16	40.74
Oct-16	47.8
Nov-16	41.01
Dec-16	40.38
Jan-17	42.79
Feb-17	45.33
Mar-17	44.46
Apr-17	43.44
May-17	44.21
Jun-17	43.04
Jul-17	42.76
Aug-17	47.55
Sep-17	44.55
Oct-17	46.76
Nov-17	44.85
Dec-17	44.16
Jan-18	47.94
Feb-18	47.07
Mar-18	49.81
Apr-18	47.27
May-18	49.53

Jun-18	48.23
Jul-18	47.91
Aug-18	47.89
Sep-18	49.91
Oct-18	52.39
Nov-18	50.25
Dec-18	49.48
Jan-19	49.32
Feb-19	50.45
Mar-19	51.25
Apr-19	48.64
May-19	50.96
Jun-19	49.62
Jul-19	49.29
Aug-19	50.67
Sep-19	51.35
Oct-19	53.9
Nov-19	51.7
Dec-19	50.9
Jan-20	56.17
Feb-20	56.7
Mar-20	58.36
Apr-20	56.39
May-20	58.03
Jun-20	56.5
Jul-20	56.13
Aug-20	57.14
Sep-20	58.48
Oct-20	61.38
Nov-20	58.87
Dec-20	57.97

keluaran (output). Pada uji coba ini nilai batas error yang digunakan sebesar 0,01. Nilai batas error yang dipilih bernilai kecil untuk melindungi keakuratan hasil yang didapatkan saat melakukan prediksi penggunaan bandwidth.



Dimana :

X1 – X12 merupakan data masukan (input layer), b (warna kuning) adalah bias, V_{ij} merupakan bobot ke simpul hidden, W_{ij} merupakan bobot ke simpul output, Z1 – Z7 merupakan hidden Layer dan Y merupakan hasil keluaran.

Pola arsitektur jaringan yang digunakan untuk prediksi penggunaan bandwidth Kemenag Sumbar yaitu 12-N-1. Dimana 12 yaitu node data input. Sedangkan jumlah hidden node N memakai aturan 'rule of thumb'.

Pengolahan Data

Pengolahan data yang akan dikerjakan yaitu mengganti data penggunaan bandwidth adalah dengan membikin suatu pola arsitektur memakai Jaringan Syaraf Tiruan dengan metode backpropogation.

Arsitektur Jaringan

Data dari Tabel Penggunaan Bandwidth tahun 2016 sampai 2020 yang tertera pada pembahasan sebelumnya akan dibagi menjadi data pelatihan (training) dan data uji (testing). Arsitektur jaringan yang dipakai terdapat tiga lapisan, yaitu : 12 masukan (input) diasumsikan sebagai jumlah bulan dalam 1 tahun, 7 neuron hidden layer yang merupakan representasi dari jumlah hari dalam 1 minggu (karena internet pada Kanwil kemenag Sumatera Barat tetap hidup setiap hari selama 1 tahun penuh, dan 1 lapisan

Tabel 2 Tabel Data Pelatihan

Pola	1	2	3	4	5	6	7	TARGET
Jan-16	39.13	40.87	40.65	38.58	40.43	39.36	39.1	40.11
Feb-16	40.87	40.65	38.58	40.43	39.36	39.1	40.11	40.74
Mar-16	40.65	38.58	40.43	39.36	39.1	40.11	40.74	47.8
Apr-16	38.58	40.43	39.36	39.1	40.11	40.74	47.8	41.01
May-16	40.43	39.36	39.1	40.11	40.74	47.8	41.01	40.38

Jun-16	39.36	39.1	40.11	40.74	47.8	41.01	40.38	42.79	42.79	<p>kemenag Provinsi Sumatera Barat yang terdapat pada tabel 1. Sedangkan untuk kolom selanjutnya merupakan data bulan berikutnya sampai dengan kolom target. Contoh pada bulan Januari 2016, data pemakaian bandwidth sebesar 39,13. Sedangkan pada pola 2 merupakan data pemakaian bandwidth pada bulan Februari tahun 2016 dan seterusnya sampai dengan bulan April tahun 2019.</p> <p>Data pelatihan pada tabel 2 ini menggunakan 40 data dari 60 data yang sudah disediakan untuk dilakukan prediksi. Untuk melakukan pengujian menggunakan 13 data yang sudah disediakan. Data pengujian pada tabel dibawah ini:</p>
Jul-16	39.1	40.11	40.74	47.8	41.01	40.38	42.79	45.33	45.33	
Aug-16	40.11	40.74	47.8	41.01	40.38	42.79	45.33	44.46	44.46	
Sep-16	40.74	47.8	41.01	40.38	42.79	45.33	44.46	43.44	43.44	
Oct-16	47.8	41.01	40.38	42.79	45.33	44.46	43.44	44.21	44.21	
Nov-16	41.01	40.38	42.79	45.33	44.46	43.44	44.21	43.04	43.04	
Dec-16	40.38	42.79	45.33	44.46	43.44	44.21	43.04	42.76	42.76	
Jan-17	42.79	45.33	44.46	43.44	44.21	43.04	42.76	47.55	47.55	
Feb-17	45.33	44.46	43.44	44.21	43.04	42.76	47.55	44.55	44.55	
Mar-17	44.46	43.44	44.21	43.04	42.76	47.55	44.55	46.76	46.76	
Apr-17	43.44	44.21	43.04	42.76	47.55	44.55	46.76	44.85	44.85	
May-17	44.21	43.04	42.76	47.55	44.55	46.76	44.85	44.16	44.16	
Jun-17	43.04	42.76	47.55	44.55	46.76	44.85	44.16	47.94	47.94	
Jul-17	42.76	47.55	44.55	46.76	44.85	44.16	47.94	47.07	47.07	
Aug-17	47.55	44.55	46.76	44.85	44.16	47.94	47.07	49.81	49.81	
Sep-17	44.55	46.76	44.85	44.16	47.94	47.07	49.81	47.27	47.27	
Oct-17	46.76	44.85	44.16	47.94	47.07	49.81	47.27	49.53	49.53	
Nov-17	44.85	44.16	47.94	47.07	49.81	47.27	49.53	48.23	48.23	
Dec-17	44.16	47.94	47.07	49.81	47.27	49.53	48.23	47.91	47.91	
Jan-18	47.94	47.07	49.81	47.27	49.53	48.23	47.91	49.91	49.91	
Feb-18	47.07	49.81	47.27	49.53	48.23	47.91	47.89	52.39	52.39	
Mar-18	49.81	47.27	49.53	48.23	47.91	47.89	49.91	50.25	50.25	
Apr-18	47.27	49.53	48.23	47.91	47.89	49.91	52.39	50.25	50.25	
May-18	49.53	48.23	47.91	47.89	49.91	52.39	50.25	49.48	49.48	
Jun-18	48.23	47.91	47.89	49.91	52.39	50.25	49.48	49.32	49.32	
Jul-18	47.91	47.89	49.91	52.39	50.25	49.48	49.32	50.45	50.45	
Aug-18	47.89	49.91	52.39	50.25	49.48	49.32	50.45	51.25	51.25	
Sep-18	49.91	52.39	50.25	49.48	49.32	50.45	51.25	48.64	48.64	
Oct-18	52.39	50.25	49.48	49.32	50.45	51.25	48.64	50.96	50.96	
Nov-18	50.25	49.48	49.32	50.45	51.25	48.64	50.96	49.62	49.62	
Dec-18	49.48	49.32	50.45	51.25	48.64	50.96	49.62	49.29	49.29	
Jan-19	49.32	50.45	51.25	48.64	50.96	49.62	49.29	50.67	50.67	
Feb-19	50.45	51.25	48.64	50.96	49.62	49.29	50.67	51.35	51.35	
Mar-19	51.25	48.64	50.96	49.62	49.29	50.67	51.35	53.9	53.9	
Apr-19	48.64	50.96	49.62	49.29	50.67	51.35	53.9	51.7	51.7	

Tabel 3 Tabel Data Pengujian

Pola	1	2	3	4	5	6	7	TARGET
May-19	50.96	49.62	49.29	50.67	51.35	53.9	51.7	50.9
Jun-19	49.62	49.29	50.67	51.35	53.9	51.7	50.9	56.17
Jul-19	49.29	50.67	51.35	53.9	51.7	50.9	56.17	56.7
Aug-19	50.67	51.35	53.9	51.7	50.9	56.17	56.7	58.36
Sep-19	51.35	53.9	51.7	50.9	56.17	56.7	58.36	56.39
Oct-19	53.9	51.7	50.9	56.17	56.7	58.36	56.39	58.03
Nov-19	51.7	50.9	56.17	56.7	58.36	56.39	58.03	56.5
Dec-19	50.9	56.17	56.7	58.36	56.39	58.03	56.5	56.13
Jan-20	56.17	56.7	58.36	56.39	58.03	56.5	56.13	57.14
Feb-20	56.7	58.36	56.39	58.03	56.5	56.13	57.14	58.48
Mar-20	58.36	56.39	58.03	56.5	56.13	57.14	58.48	61.38
Apr-20	56.39	58.03	56.5	56.13	57.14	58.48	61.38	58.87
May-20	58.03	56.5	56.13	57.14	58.48	61.38	58.87	57.97

Tabel 3 yaitu tabel data pengujian yang dipakai pada proses penelitian ini. Data pengujian yang dipakai adalah data dari bulan Mei tahun 2019 sampai dengan bulan Mei tahun 2020. Data pada kolom 1, pola 1 merupakan data pemakaian bandwidth pada Kanwil Kemenag Sumatera Barat dari bulan Mei tahun 2019 sampai dengan bulan Mei Tahun 2020. Data pengujian ini merupakan data lanjutan dari data pelatihan yang terdapat pada tabel 2.

Komputasi Backpropagation

Adapun langkah-langkah komputasi Bacpropagation sebagai berikut :

Langkah 0

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa pada kolom 1, pola 1 Inisialisasi seluruh bobot dengan bilangan acak kecil menampilkan data pemakaian bandwidth pada Kanwil dari 0 sampai 1

Tabel 4. Tabel Bobot dari layer masukan ke layer tersembunyi = V_{ij}

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
X1	0.4	0.9	0.3	0.8	0.9	0.6	0.5
X2	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.3
X3	0.4	0.1	0.8	0.8	0.8	0.1	0.4
X4	0.3	0.6	0.4	0.5	0.9	0.5	0.7
X5	0.3	0.3	0.1	0.5	0.6	0.8	0.8
X6	0.9	0.6	0.5	0.8	0.9	0.8	0.1
X7	0.0	0.3	0.4	0.7	0.1	0.5	1.0
X8	1.0	0.1	0.9	0.3	0.2	0.4	0.4
X9	0.2	0.6	0.5	0.1	0.6	0.1	0.5
X10	0.4	0.6	0.8	0.8	0.2	0.6	0.1
X11	0.1	0.3	0.4	0.0	0.4	0.4	0.6
X12	0.7	0.8	0.5	0.9	0.7	0.4	0.6
b	0.9	0.2	0.1	0.8	0.4	0.8	0.7

Tabel 5 Tabel Bobot dari layer masukan ke layer tersembunyi = W_{ij}

	Y
Z1	0.35
Z2	0.10
Z3	0.83
Z4	0.83
Z5	0.70
Z6	0.63
Z7	0.46
b	0.08

Langkah 1:

$$Z_{\text{-net}j} = V_{0j} + \sum_{i=1}^p X_i V_{ij}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{net}1} &= V_{10} + X_1 V_{11} + X_2 V_{12} + X_3 V_{13} \dots + X_{12} + V_{17} \\ &= \\ &0.9 + (0.9 * 0.4) + (0.4 * 0.7) + (0.7 * 0.4) \dots + (0.1 * 0.7) \\ &= 2.69 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{net}2} &= V_{10} + X_1 V_{21} + X_2 V_{22} + X_3 V_{23} \dots + X_{12} + V_{27} \\ &= \\ &0.2 + (0.4 * 0.9) + (0.7 * 0.3) + (0.4 * 0.1) \dots + (0.7 * 0.8) \\ &= 2.64 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{net}3} &= V_{10} + X_1 V_{31} + X_2 V_{32} + X_3 V_{33} \dots + X_{12} + V_{37} \\ &= \\ &0.1 + (0.4 * 0.3) + (0.7 * 0.3) + (0.4 * 0.8) \dots + (0.7 * 0.5) \\ &= 3.02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{net}4} &= V_{10} + X_1 V_{41} + X_2 V_{42} + X_3 V_{43} \dots + X_{12} + V_{47} \\ &= \\ &0.8 + (0.4 * 0.8) + (0.7 * 0.3) + (0.4 * 0.8) \dots + (0.7 * 0.9) \\ &= 3.94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{net}5} &= V_{10} + X_1 V_{51} + X_2 V_{52} + X_3 V_{53} \dots + X_{12} + V_{57} \\ &= \\ &0.4 + (0.4 * 0.9) + (0.7 * 0.3) + (0.4 * 0.8) \dots + (0.7 * 0.7) \\ &= 3.44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{net}6} &= V_{10} + X_1 V_{61} + X_2 V_{62} + X_3 V_{63} \dots + X_{12} + V_{67} \\ &= \\ &0.8 + (0.4 * 0.6) + (0.7 * 0.6) + (0.4 * 0.1) \dots + (0.7 * 0.4) \\ &= 3.66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{net}7} &= V_{10} + X_1 V_{71} + X_2 V_{72} + X_3 V_{73} \dots + X_{12} + V_{77} \\ &= \\ &0.7 + (0.4 * 0.5) + (0.7 * 0.3) + (0.4 * 0.4) \dots + (0.7 * 0.6) \\ &= 2.77 \end{aligned}$$

$$Z_j = f(Z_{\text{net}j}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{\text{net}j}}}$$

$$Z_1 = f(Z_{\text{net}1}) = \frac{1}{1 + e^{-2.69}} = 0.06$$

$$Z_2 = f(Z_{\text{net}2}) = \frac{1}{1 + e^{-2.64}} = 0.07$$

$$Z_3 = f(Z_{\text{net}3}) = \frac{1}{1 + e^{-3.02}} = 0.05$$

$$\begin{aligned} Z_4 &= \int(Z_{net4}) = \frac{1}{1+e^{3.94}} = 0.02 \\ Z_5 &= \int(Z_{net5}) = \frac{1}{1+e^{3.44}} = 0.03 \\ Z_6 &= \int(Z_{net6}) = \frac{1}{1+e^{3.66}} = 0.03 \\ Z_7 &= \int(Z_{net7}) = \frac{1}{1+e^{2.77}} = 0.06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\delta_{net}]_1 &= \delta_{1.W11} = (0,15)*(0,1) = 0,015 \\ [\delta_{net}]_2 &= \delta_{1.W12} = (0,15)*(0,9) = 0,06 \\ [\delta_{net}]_3 &= \delta_{1.W13} = (0,15)*(0,5) = 0,075 \\ [\delta_{net}]_4 &= \delta_{1.W14} = (0,15)*(0,9) = 0,135 \\ [\delta_{net}]_5 &= \delta_{1.W15} = (0,15)*(0,1) = 0,015 \\ [\delta_{net}]_6 &= \delta_{1.W16} = (0,15)*(0,9) = 0,135 \\ [\delta_{net}]_7 &= \delta_{1.W17} = (0,15)*(0,2) = 0,03 \end{aligned}$$

Langkah 5

$$(Y_k)Y_{netk} = W_{k0} \sum_{j=1}^p Z_j W_{kj}$$

$$Y_k \int(Y_{netk}) = \frac{1}{1+e^{-y_{netk}}} = \frac{1}{1+e^{-0.24}} = 0.65$$

$$\begin{aligned} Y_{net1} &= W_{k0} + Z_1 W_{11} + Z_2 W_{12} + Z_3 W_{13} \dots Z_i W_{ki} \\ &= 0.9 + 0.06*0.35 + 0.07*0.1 + 0.83 + 0.05 \dots 0.05 + 0.46 \\ &= 0.2336 \end{aligned}$$

Langkah 6

$$\delta_k = (t_k - Y_k) f(Y_{netk}) = (t_k - Y_k) Y_k (1 - Y_k) = ((0 - 0.65) * 0.65) * (1 - 0.65) = 0.15$$

$$\delta_{netj} = \sum_{k=1}^m \delta_k V_{kj}$$

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j$$

$$\Delta w_{10} = \alpha \delta_1 (1) = 0.2 * (0.15) * 1 = 0.03$$

$$\Delta w_{11} = \alpha \delta_1 (Z_1) = 0.2 * (0.15) * 0.06 = 0.0018$$

$$\Delta w_{12} = \alpha \delta_1 (Z_2) = 0.2 * (0.15) * 0.07 = 0.0021$$

$$\Delta w_{13} = \alpha \delta_1 (Z_3) = 0.2 * (0.15) * 0.05 = 0.0015$$

$$\Delta w_{14} = \alpha \delta_1 (Z_4) = 0.2 * (0.15) * 0.02 = 0.0006$$

$$\Delta w_{15} = \alpha \delta_1 (Z_5) = 0.2 * (0.15) * 0.03 = 0.0009$$

$$\Delta w_{16} = \alpha \delta_1 (Z_6) = 0.2 * (0.15) * 0.03 = 0.0009$$

$$\Delta w_{17} = \alpha \delta_1 (Z_7) = 0.2 * (0.15) * 0.06 = 0.0018$$

Langkah 7

$$Z_j (j=1,2,3,\dots,p) \delta_{netj} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{kj}$$

$$[\delta_{net}]_j = \delta_{1.W1n}$$

Faktor kesalahan \propto unit tersembunyi

$$\delta_j = \delta_{netj} f(Z_{netj}) = \delta_{netj} Z_j (1 - Z_j)$$

$$\delta_{1} = \delta_{net1} Z_1 (1 - Z_1) = (0,015) * 0,06 * (1 - (0,06)) = 0,0008$$

$$\delta_{2} = \delta_{net1} Z_2 (1 - Z_2) = (0,06) * 0,07 * (1 - (0,07)) = 0,0039$$

$$\delta_{3} = \delta_{net1} Z_3 (1 - Z_3) = (0,075) * 0,05 * (1 - (0,05)) = 0,0036$$

$$\delta_{4} = \delta_{net1} Z_4 (1 - Z_4) = (0,135) * 0,02 * (1 - (0,02)) = 0,0026$$

$$\delta_{5} = \delta_{net1} Z_5 (1 - Z_5) = (0,015) * 0,02 * (1 - (0,02)) = 0,0004$$

$$\delta_{6} = \delta_{net1} Z_6 (1 - Z_6) = (0,135) * 0,03 * (1 - (0,03)) = 0,0039$$

$$\delta_{7} = \delta_{net1} Z_7 (1 - Z_7) = (0,05) * 0,06 * (1 - (0,06)) = 0,0017$$

Perubahan bobot ke unit tersembunyi :

$$\Delta V_{ji} = \alpha \delta_j X_i$$

Tabel 6. Tabel Perubahan Bobot ke Unit Tersembunyi

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
x1	0.0008	0.0039	0.0036	0.0026	0.0004	0.0039	0.0017
x2	0.0025	0.0029	0.0007	0.0003	0.0017	0.0039	0.0059
x3	0.0076	0.0049	0.0057	0.0006	0.0017	0.0026	0.0076
x4	0.0025	0.0029	0.0029	0.0009	0.0004	0.0013	0.0042
x5	0.0017	0.0088	0.0064	0.0024	0.0013	0.0009	0.0051
x6	0.0042	0.0059	0.0043	0.0006	0.0026	0.0017	0.0008
x7	0.0017	0.0078	0.0057	0.0026	0.0009	0.0031	0.0076

x8	0.0085	0.0039	0.0029	0.0012	0.0031	0.0026	0.0051
x9	0.0042	0.002	0.0014	0.0026	0.0017	0.0039	0.0051
x10	0.0068	0.0098	0.0036	0.0018	0.0035	0.0035	0.0017
x11	0.0051	0.0039	0.0021	0.0006	0.0026	0.0009	0.0008
x12	0.0076	0.002	0.0057	0.0003	0.0035	0.0031	0.0025
x13	0	0.0039	0.0021	0.0006	0.0009	0.0017	0.0008

Langkah 8

$$Wkj(\text{Baru}) = Wkj(\text{lama}) + \Delta Wkj$$

Tabel 7. Tabel Perubahan Bobot unit keluaran

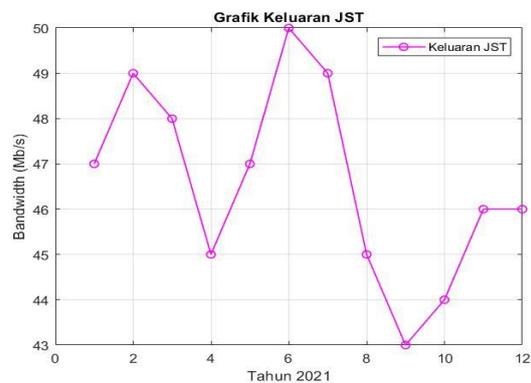
Y	Wkj(Lama)	Wkj(Baru)
Z1	0.35	0.365
Z2	0.1	0.16
Z3	0.83	0.905
Z4	0.83	0.965
Z5	0.7	0.715
Z6	0.63	0.765
Z7	0.46	0.49
b	0.08	0.0877

Tabel 8. Tabel Perubahan Bobot unit tersembunyi:
 $Vij(\text{baru}) = Vij(\text{lama}) + \Delta Vij$

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
	Z6	Z7			
X1	0.1008 0.9039	0.4039 0.2017	0.5036	0.9026	0.1004
X2	0.3025 0.9039	0.3029 0.7059	0.1007	0.1003	0.4017
X3	0.9076 0.6026	0.5049 0.9076	0.8057	0.2006	0.4017
X4	0.3025 0.3013	0.3029 0.5042	0.4029	0.3009	0.1004
X5	0.2017 0.2009	0.9088 0.6051	0.9064	0.8024	0.3013
X6	0.5042 0.4017	0.6059 0.1008	0.6043	0.2006	0.6026
X7	0.2017 0.7031	0.8078 0.9076	0.8057	0.9026	0.2009
X8	1.0085 0.6026	0.4039 0.6051	0.4029	0.4012	0.7031

X9	0.5042 0.9039	0.202 0.6051	0.2014	0.9026	0.4017
X10	0.8068 0.8035	1.0098 0.2017	0.5036	0.6018	0.8035
X11	0.6051 0.2009	0.4039 0.1008	0.3021	0.2006	0.6026
X12	0.9076 0.7031	0.202 0.3025	0.8057	0.1003	0.8035
X13	0 0.4017	0.4039 0.1008	0.3021	0.2006	0.2009

Hasil dan Pembahasan



Gambar 5 Grafik Keluaran Prediksi kebutuhan bandwidth tahun 2021

Berdasarkan gambar 5 diatas, maka prediksi kebutuhan bandwidth pada Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat pada tahun 2021 pada tabel dibawah ini:

Tabel 9. Prediksi Kebutuhan bandwidth Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat pada Tahun 2021.

Bulan	Bandwidth (Mbps)
JAN	47
FEB	49
MAR	48
APR	45
MEI	47
JUN	50
JUL	49
AGU	45
SEP	43
OKT	44
NOV	46
DES	46

Kesimpulan

Hasil akhir dalam penelitian dan pembahasan ini, diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kebutuhan bandwidth pada Kanwil kemenag Sumatera Barat dapat di prediksi menggunakan sebuah metoda jaringan syaraf tiruan dengan algoritma backpropagation
2. Prediksi kebutuhan bandwidth pada Kanwil kemenag Provinsi Sumatera Barat bisa digunakan Kanwil kemenag untuk menentukan kebijakan manajemen bandwidth jangka panjang untuk meningkatkan kinerja dan pelayanan publik dalam bidang agama dan keagamaan.

Daftar Rujukan

- [1] Sawehli, Abdurraouf., Rashdan, M.A., Maatouk, Q.A., (2020). Apu High-Speed Internet Access: A Literature Review. (2020). *Journal of Critical Reviews*, 7(03). doi:10.31838/jcr.07.03.16
- [2] Yadav, J., Saini, A. K., & Yadav, A. K. (2019). Measuring citizens engagement in e-Government projects – Indian perspective. *Journal of Statistics and Management Systems*, 22(2), 327–346. doi:10.1080/09720510.2019.1580908
- [3] Adekitan, A.I., Abolade, J. & Shobayo, O., (2019). Data mining approach for predicting the daily Internet data traffic of a smart university. *Journal of Big Data*, 6(1). Available at: <http://dx.doi.org/10.1186/s40537-019-0176-5>.
- [4] Sumarno, Hartama, D., Gunawan, I., Tambunan, H.S., Irawan, E., (2019). Optimization of Network Security Using Website Filtering With Microtic Routerboard. *Journal of Physics: Conference Series*, 1255, p.012076. Available at: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1255/1/012076>.
- [5] Hayat, C., Aang Soenandi, I., Limong, S., & Kurnia, J., (2020). Modeling of Prediction Bandwidth Density with Backpropagation Neural Network (BPNN) Methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 852, 012127. doi:10.1088/1757-899x/852/1/012127
- [6] Namel, Ammar, T., Sahib, Mouayad, A., Hasan, Satha, M., (2019). Bandwidth Utilization Prediction in LAN Network Using Time Series Modeling. *Iraqi Journal of Computer, Communication, Control and System Engineering*, 78–89. doi:10.33103/uot.ijcce.19.2.9
- [7] Orpa, E.P.K., Ripanti, E.F. & Tursina, T., (2019). Model Prediksi Awal Masa Studi Mahasiswa Menggunakan Algoritma Decision Tree C4.5. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN)*, 7(4), p.272. Available at: <http://dx.doi.org/10.26418/justin.v7i4.33163>.
- [8] Kurniawan, M.H., Defit, S. & Yunus, Y., (2020). Pemetaan Promosi dalam Penjaringan Calon Mahasiswa Menggunakan Algoritma Backpropagation. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 2(1), pp.21–26. Available at: <http://dx.doi.org/10.37034/infec.v2i1.17>.
- [9] Dewi, R., Andani, S.R. & Solikhun, S., (2019). Model Jaringan Syaraf Tiruan Memprediksi Produksi Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama Dalam Mendorong Laju Pertumbuhan Ekonomi. *Klik - Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer*, 6(2), p.184. Available at: <http://dx.doi.org/10.20527/klik.v6i2.227>.
- [10] Bhakti, H.D., (2019). Aplikasi Artificial Neural Network (ANN) untuk Memprediksi Masa Studi Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Gresik. *Eksplora Informatika*, 9(1), pp.88–95. Available at: <http://dx.doi.org/10.30864/eksplora.v9i1.234>.
- [11] Jatmika, S., Aprilianto, T., & Idris, M. (2020). Ekstraksi Fitur Untuk Mengidentifikasi Marga Tanaman Menggunakan Algoritma Backpropagation. *POSITIF : Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, 6(1), 56. doi:10.31961/positif.v6i1.907
- [12] Almas, M.F., Setiawan, B.D., & Sutrisno, S. (2018). Implementasi Metode Backpropagation untuk Prediksi Harga Batu Bara. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* Vol. 2, No. 12, Desember 2018, hlm. 6502-6511.
- [13] Fitriadini, A., Pramiyati, T., Pangaribuan., A.B. (2020). Penerapan Backpropagation Neural Network Dalam Prediksi Harga Saham. *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA)*.
- [14] Guntoro, G., Costaner, L., & Lisnawita, L. (2019). Prediksi Jumlah Kendaraan di Provinsi Riau Menggunakan Metode Backpropagation. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 14(1), 50. doi:10.30872/jim.v14i1.1745
- [15] Herdian, R.B., Jasa, L. & Linawati, L., (2020). Manajemen Bandwidth Berdasarkan Prediksi Perilaku Pengguna Pada Jaringan TCP/IP Dengan Jaringan Syaraf Tiruan. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 19(1), p.73. Available at: <http://dx.doi.org/10.24843/mite.2020.v19i01.p11>.
- [16] Indrayati Sijabat, P., Yuhandri, Y., Widi Nurcahyo, G., & Sinar, A. (2020). Algoritma Backpropagation Prediksi Harga Komoditi terhadap Karakteristik Konsumen Produk Kopi Lokal Nasional. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 11(1), 96–107. doi:10.31849/digitalzone.v11i1.3880
- [17] Mekongga, I., Gernowo, R., & Sugiharto, A. (2012). The Prediction of Bandwidth On Need Computer Network Through Artificial Neural Network Method of Backpropagation. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 2(2). doi:10.21456/vol2iss2pp098-107
- [18] Radjabaycolle, J., & Pulungan, R. (2016). Prediksi Penggunaan Bandwidth Menggunakan Elman Recurrent Neural Network. *Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 10(2), 127–135. doi:10.30598/barekengvol10iss2pp127-135
- [19] Rahmiyanti, R., Defit, S., & Yunus, Y. (2021). Prediksi dan Klasifikasi Buku Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 109–114. doi:10.37034/jid.v3i3.116
- [20] Rana, N., Bhandari, K. P., & Shrestha, S. (2018). Network Bandwidth Utilization Prediction Based on Observed SNMP Data. *Journal of the Institute of Engineering*, 13(1), 160–168. doi:10.3126/jie.v13i1.20362
- [21] Rao, S.S. (2020). Stock Prediction Analysis by using Linear Regression Machine Learning Algorithm. *Regular Issue*, 9(4), 841–844. doi:10.35940/ijitee.d1110.029420
- [22] Wanto, Anjar., (2018). Optimasi Prediksi Dengan Algoritma Backpropagation Dan Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts. *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, Vol. 03 No. 03, 370-380.