

PENGEMBANGAN DAN EVALUASI *WEB DASHBOARD* SISTEM PREDIKSI *USER THROUGHPUT-DOWNLINK* BERBASIS *MACHINE LEARNING* UNTUK JARINGAN 4G LTE

Wervyan Shalannanda, Muhammad Taufiq Rafiandi, And Irma Zakia

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung (STEI-ITB)

Email: wervyan@.itb.ac.id

Abstrak

Seiring dengan perkembangan teknologi dan harga perangkat yang relatif terjangkau, pelanggan jaringan seluler cenderung menggunakan *smartphone* yang mendukung konektivitas berbagai generasi teknologi seluler, mulai dari 2G, 3G, 4G, hingga 5G. Masing-masing generasi memiliki kebutuhan dan kualitas layanan tertentu. Berdasarkan pertimbangan jumlah pelanggan jaringan seluler jaringan 4G yang masih dominan sampai saat ini, sistem dirancang untuk mengolah berbagai parameter jaringan 4G untuk memprediksi *throughput* yang berasal baik dari dataset yang sudah tersedia maupun hasil dari pengukuran. Sistem dapat menghitung korelasi antara *throughput* dengan parameter lain yang akan dijadikan nilai masukan sistem. *Throughput* yang dimaksud pada penelitian ini adalah *downlink throughput*, yaitu volume trafik pada periode tertentu yang berasal dari internet menuju perangkat pengguna (*smartphone*). Penelitian ini fokus pada pengembangan dan evaluasi *web dashboard* Sistem Prediksi *User Throughput-Downlink* berbasis *Machine Learning* untuk Jaringan 4G LTE dengan evaluasi berupa uji fungsional dan uji terima berbasis *technology acceptance model* (TAM). Uji fungsional mencakup pengujian pada halaman utama, fungsionalitas fitur *data loading*, fungsionalitas *feature selection*, dan fungsionalitas fitur *modelling and evaluation data*. Uji terima dilakukan atas tiga konstruk, yaitu persepsi tampilan *web dashboard* keseluruhan, *usefulness*, dan *ease of use*. Uji terima dilakukan kepada 76 responden dengan nilai modus dan nilai rata-rata ≥ 4 dari skala 5.

Kata kunci: *Throughput, 4G LTE, IMT-Advanced, Machine Learning, Web Application*

How to cite:	Ervyan Shalannanda, Muhammad Taufiq Rafiandi, And Irma Zakia (2023), Pengembangan Dan Evaluasi <i>Web Dashboard</i> Sistem Prediksi <i>User Throughput-Downlink</i> Berbasis <i>Machine Learning</i> Untuk Jaringan 4g Lte, Vol. 8, No. 1, Januari 2023, http://Dx.Doi.Org/10.36418/syntax-literate.v8i1.11250
E-ISSN:	2548-1398
Published by:	Ridwan Institute

Abstract

Abstract Along with the development of technology and the relatively affordable price of devices, mobile network customers tend to use smartphones that support the connectivity of various generations of cellular technology, ranging from 2G, 3G, 4G, to 5G. Each of the generations has certain needs and quality of service. Based on the consideration of the number of 4G network subscribers that are still dominant today, the system is designed to process various 4G network parameters to predict throughput coming from both available datasets and measurement results. The system can calculate the correlation between throughput and other parameters that will be used as system input values. The throughput referred to in this study is downlink throughput, which is the volume of traffic in a certain period originating from the internet to the user's device (smartphone). This research focuses on the development and evaluation of the web dashboard of the Machine Learning-based User Throughput-Downlink Prediction System for 4G LTE Networks with evaluation in the form of functional tests and technology acceptance model-based acceptance tests (TAM). Functional tests include testing on the main page, data loading feature functionality, feature selection functionality, and data modelling and evaluation feature functionality. The accept test was carried out on three constructs, namely the perception of the overall dashboard web appearance, usefulness, and ease of use. The receive test was conducted on 76 respondents with a mode value and an average value of ≥ 4 on a scale of 5.

Keywords: *Throughput, 4G LTE, IMT-Advanced, Machine Learning, Web Application*

Pendahuluan

Teknologi jaringan seluler berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. Layanan yang awalnya terbatas pada *voice* dan teks pada teknologi 2G, berkembang menjadi *multimedia messaging* dan *video call* pada teknologi 3G yang mendukung *datarate* yang lebih tinggi. Teknologi 4G memungkinkan adanya koneksi *mobile broadband* untuk menjalankan berbagai fitur, seperti: *high definition video calling*, *online gaming*, *video streaming*, dan layanan lain dengan *throughput* dan *QoS* yang lebih baik. Saat ini, teknologi seluler sudah memasuki generasi kelima (5G) yang memiliki tiga kategori *use cases*: *enhanced mobile broadband (eMBB)*, *massive machine type communication (mMTC)*, dan *ultra-reliable and low latency communication (URLLC)* (Arshad, Kashif, & Quershi, 2019).

Perkembangan teknologi jaringan seluler memberikan dampak langsung terhadap penggunaan dan trafik komunikasi bergerak. Ericsson melalui *Ericsson Mobility Report* edisi November 2022 memprediksi bahwa pertumbuhan trafik *mobile* meningkat dengan CAGR 24% pada periode 2022-2028. Ericsson juga menunjukkan data bahwa rasio jumlah pelanggan teknologi 4G LTE dibandingkan dengan total pelanggan teknologi *mobile* adalah sebesar 61.3% dan 61.5% pada 2021 dan 2022 sebelum akhirnya diprediksi menurun hingga 38.8% pada 2028 dengan CAGR -6% pada periode 2022-2028. Di sisi

lain, teknologi 5G mengalami peningkatan dengan CAGR 30% pada periode 2022-2028 dan jumlah pelanggan sebesar 4.97 milyar pelanggan atau 53.8% dari total pelanggan teknologi mobile (Peña-López, 2014).

Pertumbuhan trafik komunikasi bergerak, khususnya untuk trafik yang berasal dari *smartphone* dapat meningkatkan beban pada jaringan seluler, dan menyebabkan *throughput* berfluktuasi secara signifikan pada lalu lintas jaringan (Samba, Busnel, Blanc, Dooze, & Simon, 2017). Fluktuasi *throughput* menyebabkan penggunaan kapasitas jaringan yang tidak efisien dan penurunan QoE pengguna jaringan (Boz, Finley, Oulasvirta, Kilkki, & Manner, 2019). Untuk mengatasi permintaan yang meningkat ini, operator jaringan seluler terus menerus mencari cara untuk memenuhi harapan pengguna, salah satunya yaitu mengembangkan metode analisis prediksi kinerja *throughput* jaringan seluler untuk meningkatkan utilisasi *bandwidth* (Boz et al., 2019). Prediksi fluktuasi *throughput* ini dapat melibatkan berbagai metode terkait pemodelan statistik, seperti: *time series forecasting* (Mostafa, Elattar, & Ismail, 2022) dan *bayesian network* (Meng, Fang, Yue, Meng, & Wei, 2018), maupun menggunakan metode lain seperti *neural network* dan *artificial intelligence* (Elsherbiny et al., 2020) (Zuo, 2020).

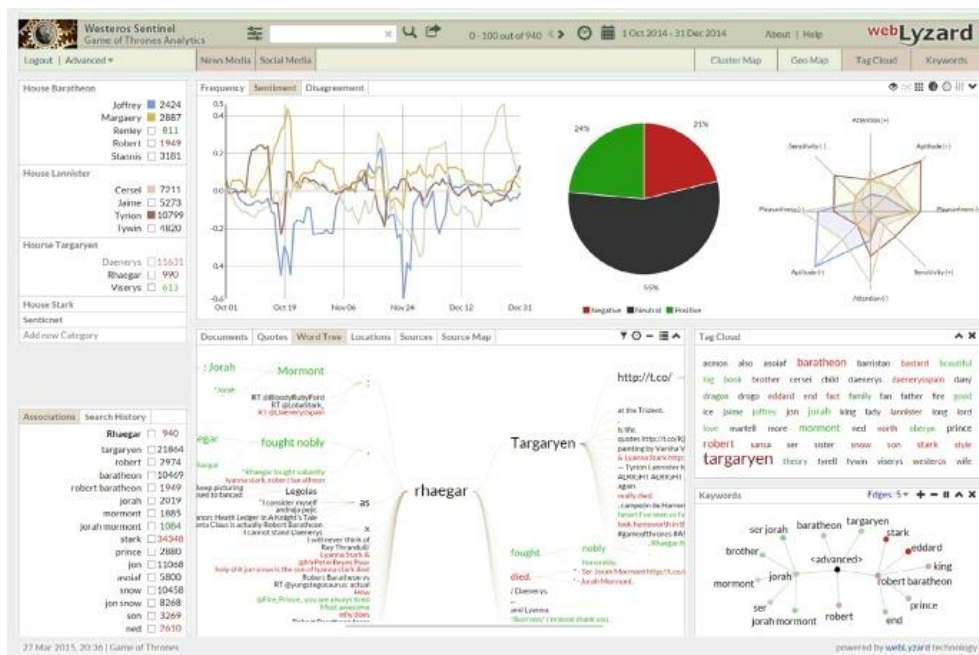
Referensi (Yeo, Tan, Kumar, Tan, & Wong, 2022) menyatakan bahwa bahwa *artificial intelligence* dapat digunakan untuk menangani masalah fluktuasi *throughput* yang dirasakan oleh pengguna dengan intervensi manusia yang minimal. *Machine learning*, salah satu cabang dari *artificial intelligence* mencakup berbagai bidang dan arah teknologi, seperti: *computer vision*, *speech recognition*, *natural language processing*, *planning and decision-making systems*, dan *big data analysis*. *Machine learning* cenderung mensimulasikan perilaku belajar manusia untuk menyelesaikan suatu masalah spesifik dengan membentuk model atas suatu dataset yang dapat dibagi menjadi beberapa kategori, antara lain (Elsherbiny et al., 2020):

1. *Supervised Learning*, menggunakan dataset yang sudah diberi label atas nilai *true value*-nya. Kategori ini digunakan untuk masalah klasifikasi dan regresi.
2. *Unsupervised Learning*, menggunakan dataset tanpa label *true value* dan mengelompokkan datapoint berdasarkan kedekatan dengan datapoints lain. Kategori ini digunakan untuk masalah *clustering* dan *dimensionality reduction*.
3. *Reinforcement Learning*, membuat *agent* yang bekerja secara otomatis dalam menanggapi perubahan di lingkungannya berdasarkan *reward and punishment*. Ada tiga pendekatan implementasi *reinforcement learning*, yaitu: pendekatan berbasis *value*, *policy*, dan model.

Penanganan atas fluktuasi *throughput* dapat memanfaatkan hasil prediksi agar alokasi *resource* dapat terjadi secara optimal. Prediksi *throughput* menggunakan berbagai metode dan model *machine learning* untuk proses analisis parameter kualitas jaringan dengan masukan berupa data hasil pengukuran atau dataset yang sudah tersedia. Proses ini memanfaatkan beberapa model *machine learning* yang dibentuk berdasarkan beberapa algoritma, seperti *K-nearest neighbor* (KNN) (Salvador–Meneses, Ruiz–Chavez, & Garcia–Rodriguez, 2019), *random forest* (Hasan, Nasser, Ahmad, & Molla, 2016), dan

AdaBoost (He, Yang, & Pan, 2019). Hasil prediksi dapat diteruskan ke sistem atau subsistem lain.

Penelitian ini menampilkan hasil prediksi ke antarmuka grafis berupa *dashboard* interaktif sebagai lanjutan atas penelitian sebelumnya terkait dengan prediksi *throughput user* pada jaringan 4G LTE. *Dashboard* adalah suatu perangkat yang digunakan untuk menyajikan informasi secara visual berupa bagan, grafik, notifikasi, dan bentuk lain yang dapat memberikan ringkasan esensial untuk mendukung proses pengambilan keputusan dan strategi (Rud, 2009) dalam waktu yang lebih singkat secara efektif dan efisien (Jayanti & Ani, 2017). Jenis *dashboard* yang digunakan pada penelitian ini adalah *dashboard predictive analytics* yang dibentuk dari gabungan data sains dan metode visualisasi terkait dengan pemberian *insight* secara cepat dan tepat atas sejumlah besar data atau informasi (Vanns & Galeano, 2023). Secara umum, *dashboard* terdiri atas elemen utama berupa *main content* dan *sidebar*. *Main content* adalah bagian dari jendela kerja sebagai *placeholder* atas tampilan visual data/informasi. Sedangkan, *sidebar* umumnya digunakan untuk pemilihan mode/menu, parameter, dan *fields* untuk berbagai aktivitas, seperti: input data, *filtering*, *search box*, dan lain-lain (lihat Gambar 0-1) (Scharl et al., 2016).

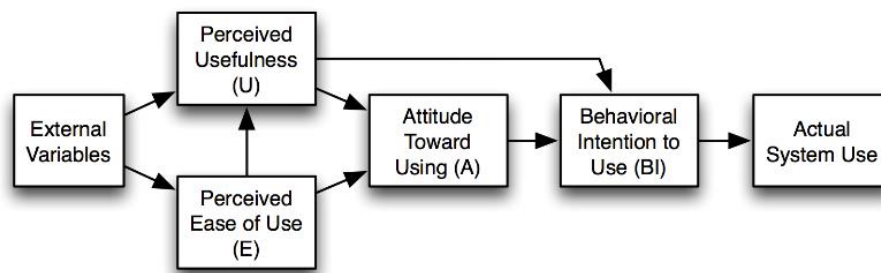


Gambar 0-1 Contoh *analytics dashboard* [18] [19]

Penelitian ini fokus pada pengembangan dan evaluasi *web dashboard* Sistem Prediksi *User Throughput-Downlink* berbasis *Machine Learning* untuk Jaringan 4G LTE dan tidak mencakup evaluasi atas model *machine learning* yang digunakan. Sistematika penulisan pada bagian berikutnya adalah pengembangan sistem pada bagian kedua, implementasi sistem pada bagian ketiga, hasil dan pembahasan pada bagian ketiga, serta simpulan pada bagian keempat.

Metode Penelitian

Evaluasi *Web Dashboard* Sistem Prediksi *User Throughput-Downlink* Berbasis *Machine Learning* untuk Jaringan 4G LTE menggunakan *Technology Acceptance Model* (TAM) yang dibuat oleh Davis (Davis, 1993). TAM adalah model yang bertujuan untuk memprediksi dan menjelaskan perilaku pengguna dalam menerima dan menggunakan teknologi yang berkaitan dengan pekerjaan pengguna. TAM diturunkan dari *Theory of Reason Action* (TRA) yang dikembangkan oleh Fishbein dan Ajzen (Ajzen, 1980) dengan menekankan pada persepsi kemudahan penggunaan (*ease of use*) dan kebermanfaatan (*usefulness*) yang keduanya dapat memprediksi sikap perilaku pengguna dalam menggunakan sistem informasi (lihat Gambar 0-2 *Technology Acceptance Models* Gambar 0-2). Kemudahan penggunaan yang dirasakan (*ease of use perceived*) terkait dengan upaya yang diperlukan untuk dapat menggunakan suatu teknologi secara efektif. Sedangkan, kebermanfaatan yang dirasakan (*usefulness perceived*) adalah sejauh mana suatu teknologi dapat meningkatkan kinerja seorang pengguna potensial (Rigopoulos, Psarras, & Askounis, 2008).

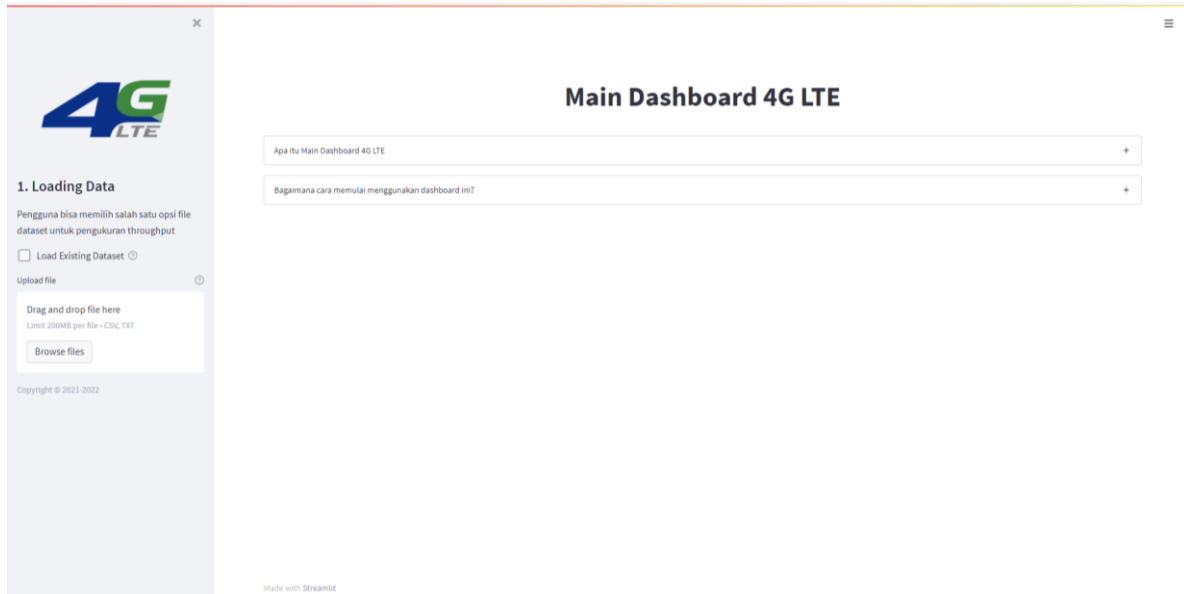


Gambar 0-2 *Technology Acceptance Models* [28]

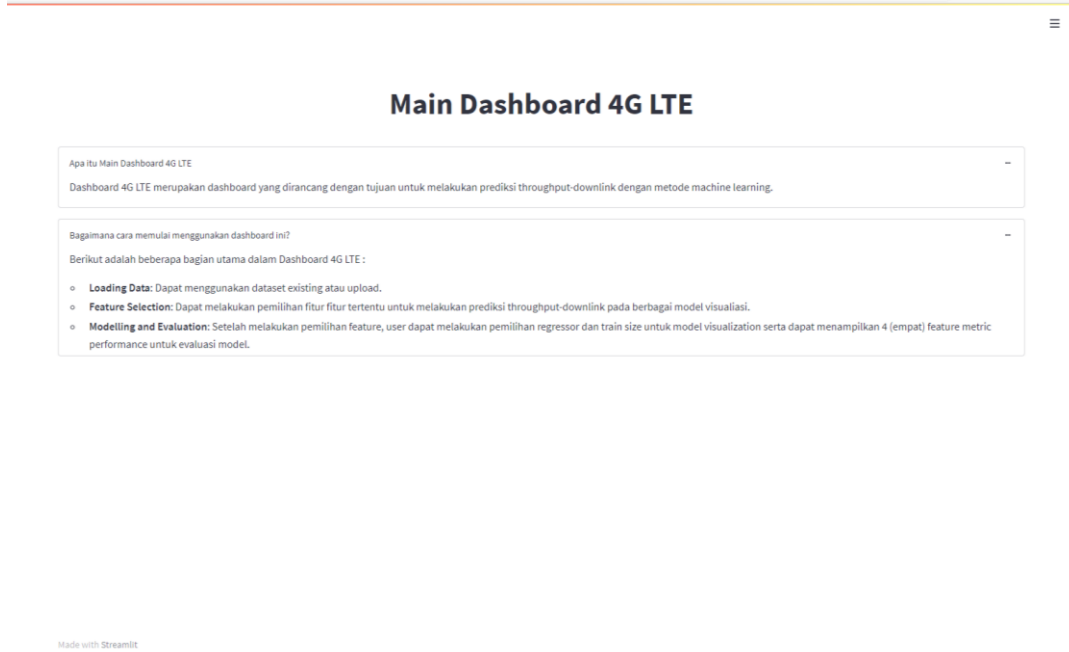
Hasil dan Pembahasan

1. Tampilan Halaman Utama *Web Dashboard*

Bagian ini menampilkan hasil pengembangan beserta evaluasi *Web Dashboard* Sistem Prediksi *User Throughput-Downlink* Berbasis *Machine Learning* untuk Jaringan 4G LTE dengan menggunakan platform Streamlit. Gambar 0-3 menunjukkan tampilan *web dashboard* yang menampilkan beberapa bagian parameter yaitu parameter *sidebar dashboard* dan Main Dashboard dengan jelas. Untuk Main Dashboard penulis dapat menampilkan fitur *expander* untuk melihat informasi yang lebih detail seputar *dashboard* seperti ditunjukkan oleh Gambar 0-4.



Gambar 0-3 Tampilan halaman utama Main Dashboard 4G LTE



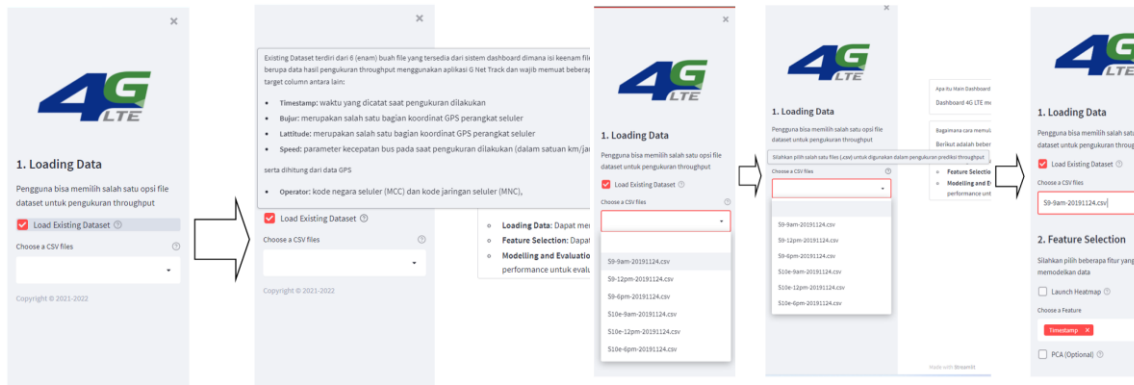
Gambar 0-4 Pengujian sistem web dashboard – Fitur expander

2. Fungsionalitas Data Loading

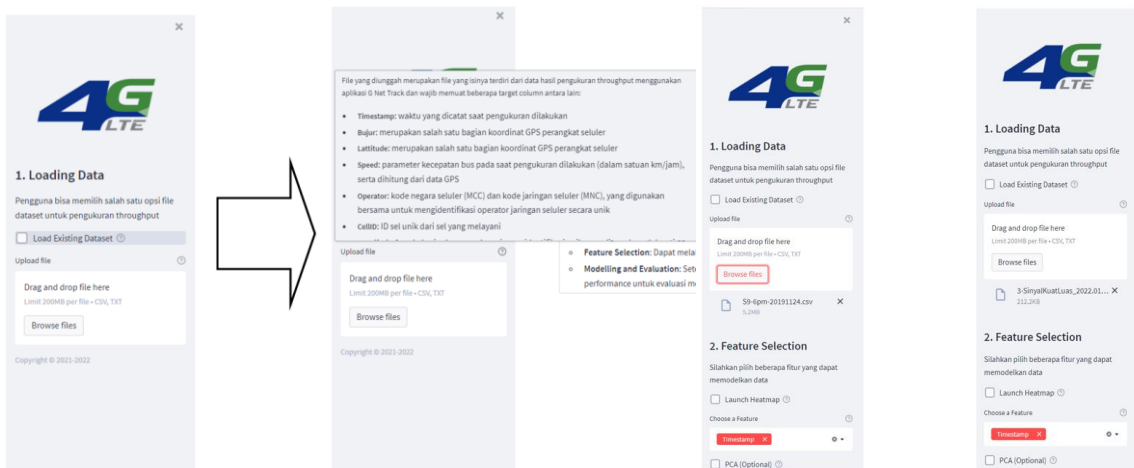
Gambar IV-4 menunjukkan fungsionalitas *data loading* Ketika pengguna melakukan centang pada box *load existing data*, pengguna dapat melihat fitur “help”/tooltip yang ada di sebelah kanan atas dari pointer. Dengan membaca tooltip tersebut, pengguna dapat mengetahui apa saja yang perlu diketahui dengan centang *existing file dataset*. Kemudian ketika memilih *file dummy*, penulis akan menampilkan hasil pengujian pada fitur *selectbox*. Ketika pengguna memilih salah satu *file* pengukuran “S9-9am-20191124.csv”, tampilan *sidebar* akan berubah sehingga muncul parameter yang digunakan pada proses selanjutnya yaitu *feature*

Pengembangan dan Evaluasi *Web Dashboard* Sistem Prediksi *User Throughput-Downlink* Berbasis *Machine Learning* Untuk Jaringan 4G LTE

selection. Selanjutnya, pengujian pada fitur *upload* dataset dilakukan dengan membatalkan centang *existing dataset*. Ketika pengguna akan melakukan *upload* dataset, pengguna perlu melihat fitur “help”/tooltip yang ada di sebelah kanan bahwa pengguna perlu mengetahui apa saja yang perlu diketahui dalam memilih tipe *file* pengukuran. Pengguna dapat mengunggah *file* dengan tipe *.csv* dan *.txt* (lihat Gambar 0-6). Setelah pengunggahan selesai, tampilan sidebar akan berubah dan menampilkan *feature selection*).



Gambar 0-5 Pengujian sistem *web dashboard* – *Load Existing Dataset*

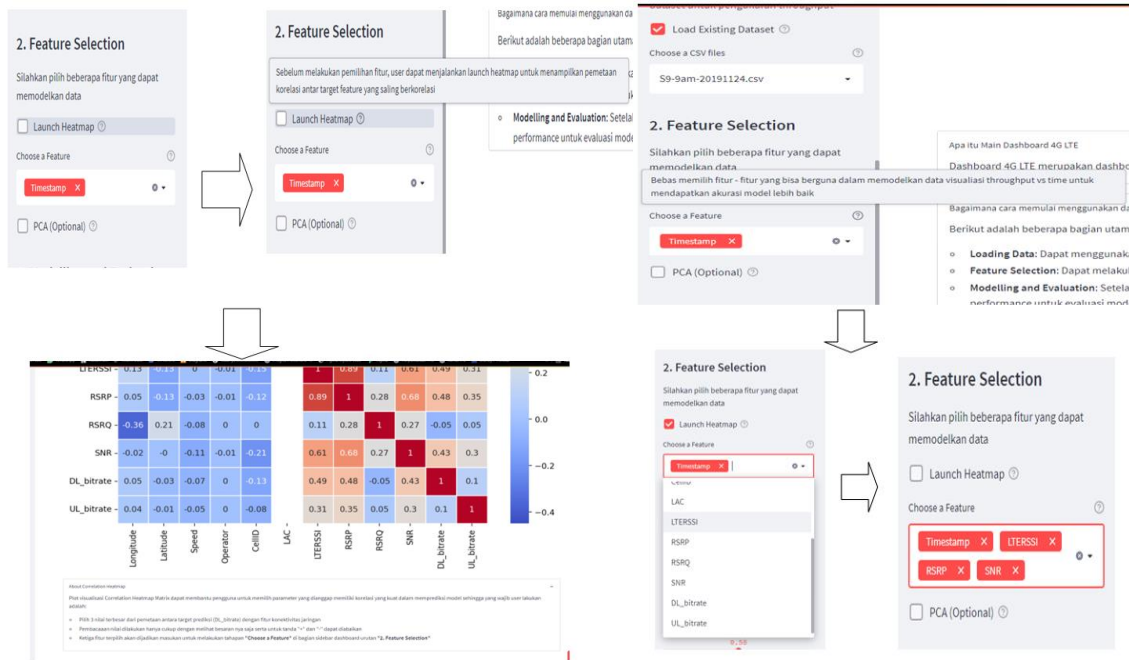


Gambar 0-6 Pengujian sistem *web dashboard* – *Upload Dataset* (*.csv*, *.txt*)

3. Fungsionalitas *Feature Selection*

Setelah melakukan pengembangan menggunakan *script python* sebelumnya untuk menampilkan hasil tampilan pada *Loading Data*, penulis akan menampilkan hasil pengujian pada fitur *launch heatmap*, *feature selection* dan *PCA* (opsional). Pengujian dilakukan pada fitur *launch heatmap* seperti ditunjukkan oleh Gambar 0-7. ketika pengguna akan melakukan centang *Launch heatmap*, pengguna perlu melihat fitur “help” yang ada di sebelah kanan bahwa pengguna perlu mengetahui apa saja yang perlu dilakukan pengguna ketika sudah melakukan centang tersebut. Setelah dicentang, diperoleh visualiasi grafik korelasi *heatmap* serta dapat menampilkan informasi seputar grafik tersebut. Berdasarkan dari informasi tersebut, penulis diarahkan untuk dapat menentukan fitur apa saja yang dipilih berdasarkan visualiasi

tersebut. Beberapa *column* yang dipilih adalah *column* yang memiliki nilai korelasi yang tinggi dengan 'DL_bitrate' yaitu 'LTERRSI', 'RSRP', dan 'SNR'. Sehingga fitur ini akan kita pilih pada *feature selection* menggunakan *multiselect*.

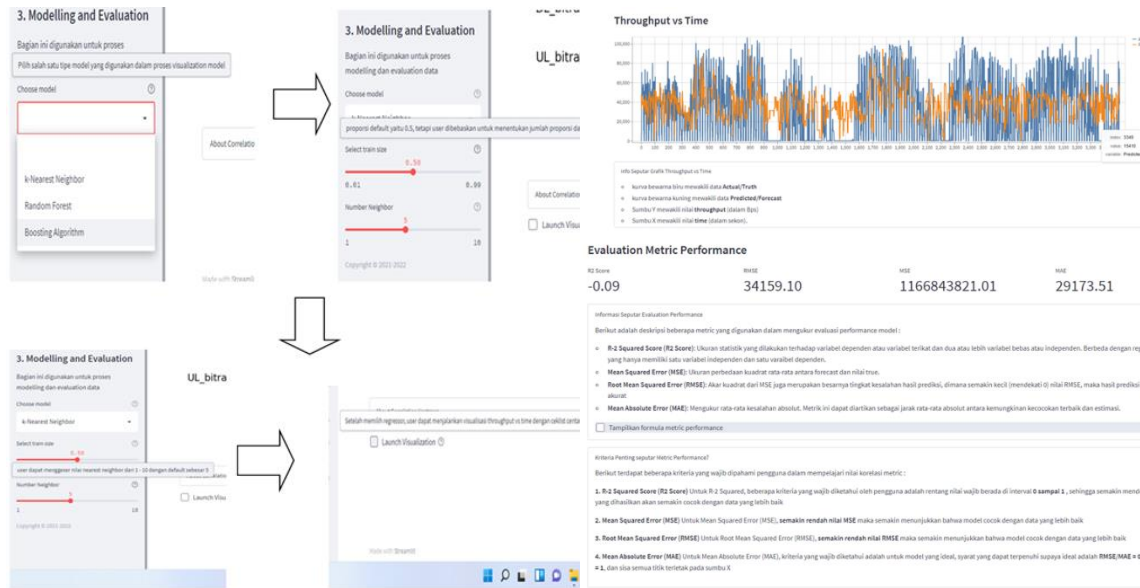


Gambar 0-7 Pengujian sistem web dashboard – Launch Heatmap (kiri) dan Feature Selection (kanan)

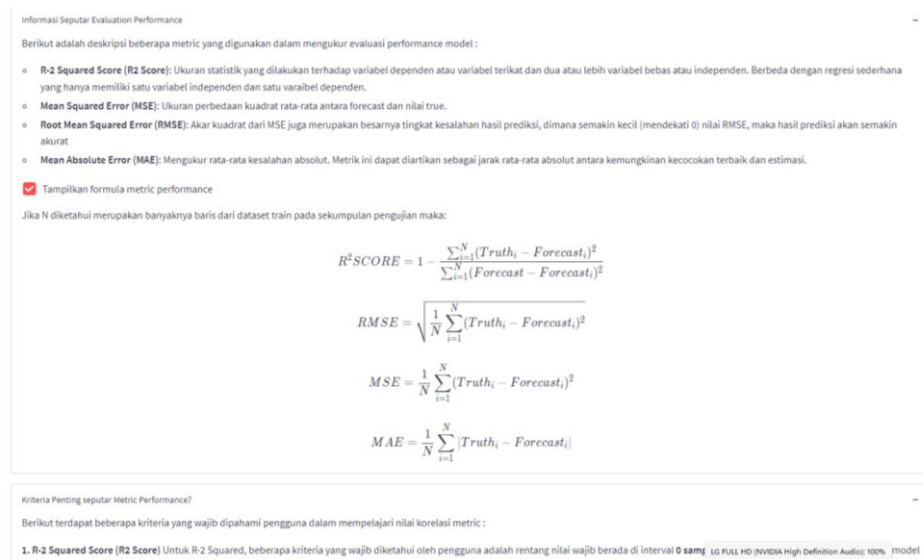
4. Fungsionalitas Modelling and Evaluation Data

Setelah melakukan pengembangan menggunakan *script python* sebelumnya untuk menampilkan hasil tampilan pada *Feature selection*, selanjutnya penulis akan menampilkan hasil pengujian pada fitur *choose model*, *train size*, *number estimator* hingga ditampilkan hasil visualisasi prediksi *throughput* beserta *evaluation metrics performance*. Pertama akan dilakukan pengujian pada model KNN dari pemilihan fitur *choose model*, *train size*, *number neighbor* hingga *launch visualization* seperti pada Gambar 0-8. Gambar 0-9 menunjukkan tampilan informasi *performance metrics* yang digunakan.

Pengembangan dan Evaluasi *Web Dashboard* Sistem Prediksi *User Throughput-Downlink* Berbasis *Machine Learning* Untuk Jaringan 4G LTE



Gambar 0-8 Pengujian sistem *web dashboard* – pemilihan model (kiri), visualisasi hasil prediksi *throughput* dan *evaluation performance metrics* (kanan)



Gambar 0-9 Pengujian sistem *web dashboard* – Tampilan informasi *performance metrics*

5. Uji Terima Sistem *Web Dashboard* dengan Pengguna Menggunakan TAM (*Technology Acceptance Model*)

Pengujian Penerimaan Sistem *web dashboard* menggunakan dua tipe yaitu Persepsi tampilan laman *dashboard* dan menggunakan model TAM (*Technology Acceptance Model*). Pengumpulan data dilakukan secara kuantitatif yang berasal dari penyebaran kuesioner kepada responden. Data yang digunakan adalah data kuantitatif yang berasal dari penyebaran kuesioner kepada responden. Kuesioner ini memiliki tiga konstruk, yaitu persepsi tampilan *web dashboard* keseluruhan, *usefulness*, dan *ease of use*. Kuesioner ini menggunakan skala Likert 5 poin untuk setiap pertanyaan pada kuesioner dimulai dari nilai (1) yang merepresentasikan

“Sangat Tidak Setuju” hingga nilai (5) yang merepresentasikan “Sangat Setuju”. Penjabaran indikator pertanyaan kuesioner terhadap setiap konstruk dapat pada Tabel 0-1 dan Tabel 0-2.

Tabel 0-1 Indikator Kuesioner untuk Performansi *Web Dashboard* Keseluruhan

Konstruk	No	Indikator
Halaman awal web dashboard 4G LTE Terdiri dari Main Dashboard 4G LTE dan Fitur "1. Loading Data" pada sidebar dashboard	L-1	Tombol expander pada laman tengah dashboard dapat menampilkan kedua informasi seputar Main Dashboard 4G LTE dan Penggunaan Dashboard
	L-2	Pengguna dapat mengunggah file dataset g-net track pro ke dalam elemen "Upload File" dengan mudah dan tanpa kendala
	L-3	Pengguna dapat melakukan centang "existing dataset" untuk memilih sala satu file dataset g-net track pro dengan mudah dan tanpa kendala
	L-4	Pengguna dapat membaca informasi penggunaan fitur di "1. Loading Data" pada logo help atau "?" dengan mudah dan tanpa kendala
Tampilan Pada Sidebar Dashboard 4G LTE (2. Feature Selection)	F-1	Pengguna dapat melakukan centang "Launch Heatmap" dengan mudah dan tanpa kendala
	F-2	Pengguna dapat melakukan pemilihan fitur pada "choose a feature" dengan mudah dan tanpa kendala
	F-3	Pengguna dapat melakukan centang "PCA (Optional)" dengan mudah dan tanpa kendala
	F-4	Pengguna dapat membaca informasi penggunaan fitur di "2. Feature Selection" pada logo help atau "?" dengan mudah dan tanpa kendala
Tampilan Laman Tengah dashboard Pasca melakukan pemilihan "2. Feature Selection"	M-1	Pengguna dapat memahami setiap informasi yang terdapat pada visualiasi "Correlation Heatmap" dan Informasi Pembacaan Visualiasi "Correlation Heatmap"
	M-2	Pengguna dapat melakukan pemilihan "Choose Model" dengan mudah dan tanpa kendala
	M-3	Setelah melakukan pemilihan model, Pengguna dapat melakukan penggeseran slider pada "select train size" dan penggeseran slider pada "number estimator" dengan mudah dan tanpa kendala
	M-4	Pengguna dapat membaca informasi penggunaan fitur di "3. Modelling and Evaluation" pada logo help atau "?" dengan mudah dan tanpa kendala
Tampilan Laman Tengah dashboard	H-1	Pengguna dapat melakukan centang "Launch Visualization" dengan mudah dan tanpa kendala

Pengembangan dan Evaluasi *Web Dashboard* Sistem Prediksi *User Throughput-Downlink* Berbasis *Machine Learning* Untuk Jaringan 4G LTE

Konstruk	No	Indikator
Pasca melakukan pemilihan “3. Modelling and Evaluation”	H-2	Pengguna dapat memahami setiap informasi yang terdapat pada visualiasi “Throughput vs Time” dan Informasi Pembacaan Visualiasi “Throughput vs Time”
	H-3	Pengguna dapat memahami setiap informasi yang terdapat pada visualiasi setiap Nilai Performance Metrics
	H-4	Dua Tombol expander paling bawah pada laman tengah dashboard dapat menampilkan kedua informasi seputar Evaluation Performance Metrics dan Kriteria seputar metric performance
Tampilan Informasi tentang Formula Metric Performance	T-1	Pengguna dapat melakukan centang “Tampilkan formula metric performance” dengan mudah dan tanpa kendala

Tabel 0-2 Indikator Kuesioner untuk TAM (*Technology Acceptance Model*)

Konstruk	No.	Indikator
Usefulness	U-1	Dengan menggunakan Web Dashboard Throughput-Downlink 4G LTE, saya dapat menyelesaikan pekerjaan dengan lebih cepat
	U-2	Performa saya bekerja meningkat setelah menggunakan Web Dashboard Throughput-Downlink 4G LTE
	U-3	Produktivitas kerja saya meningkat setelah menggunakan Web Dashboard Throughput-Downlink 4G LTE
	U-4	Efektivitas kerja saya meningkat setelah menggunakan Web Dashboard Throughput-Downlink 4G LTE
	U-5	Pekerjaan saya menjadi lebih mudah setelah menggunakan Web Dashboard Throughput-Downlink 4G LTE
	U-6	Penggunaan Web Dashboard Throughput-Downlink 4G LTE akan berguna dalam pekerjaan saya
Ease of use	EU-1	Saya dapat dengan mudah mempelajari dan menguasai cara menggunakan Web Dashboard Throughput-Downlink 4G LTE
	EU-2	Saya dapat dengan mudah mengakses Web Dashboard Throughput-Downlink 4G LTE sesuai dengan kebutuhan saya
	EU-3	Web Dashboard Throughput-Downlink 4G LTE informatif dan mudah dimengerti
	EU-4	Web Dashboard Throughput-Downlink 4G LTE mudah digunakan

Jumlah responden yang telah mengisi kuesioner melalui google form sebanyak 78 orang. Perolehan data dengan perhitungan Slovin menggunakan rumus (1) cukup berbeda

dikarenakan di masa pandemi *covid -19* penulis belum dapat mencukupi jumlah tersebut dengan perhitungan menggunakan slovin. Beberapa faktor yang penulis lalui yaitu dalam penyebaran kuesioner di masa pandemi ini bisa dikatakan sulit untuk bertemu dengan *engineer* nya secara langsung sehingga batasan penulis dalam menyebarkan kuesioner dilakukan melalui komunikasi antar alumni dan kakak tingkat, dan melalui sebaran menggunakan sosial media berupa LinkedIn. Akan tetapi dalam perolehannya telah dilakukan *filterisasi* untuk masing-masing karakteristik responden yang dikategorikan berdasarkan usia, instansi kerja dan bidang pekerjaan sehingga total responden yang disaring sesuai kriteria menjadi sebesar 76 responden dan akan disajikan dalam tabel Tabel 0-3, Tabel 0-4, dan Tabel 0-5.

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \tag{1}$$

Tabel 0-3 Karakteristik Responden Berdasarkan Usia

Karakteristik Responden Berdasarkan Usia		
Usia	Jumlah	Persentase
21-30 tahun	62	81.58%
31-40 tahun	11	14.47%
41-50 tahun	3	3.95%
Total	76	100%

Tabel 0-4 Karakteristik Responden Berdasarkan Pekerjaan

Karakteristik Responden Berdasarkan Pekerjaan		
Pekerjaan	Jumlah	Persentase
Core Network	3	3.45%
Data Engineer	16	18.39%
IT Administrator	7	8.05%
IT Security	1	1.15%
Network Architecture and Design	6	6.90%
Network Engineer	13	14.94%
Network Optimization	9	10.34%
Network Program	5	5.75%
RAN Engineering	2	2.30%
Sales Engineer	7	8.05%
Lain - Lain	7	8.05%
Total	76	100%

Tabel 0-5 Karakteristik Responden Berdasarkan Perusahaan dan Bidang Pekerjaan

Karakteristik Responden Berdasarkan Perusahaan dan Bidang Pekerjaan		
Pekerjaan	Jumlah	Persentase

Karakteristik Responden Berdasarkan Perusahaan dan Bidang Pekerjaan		
Perusahaan dan Bidang Pekerjaan terkait telekomunikasi	62	79.49%
Hanya perusahaan yang terkait telekomunikasi	3	3.85%
Hanya bidang yang terkait telekomunikasi	11	14.10%
Total	76	100%

Statistik deskriptif untuk setiap indikator beserta konstruksinya dapat dilihat pada Tabel 0-6 dan Tabel 0-7.

Tabel 0-6 Hasil Statistik Deskriptif untuk Indikator Persepsi Tampilan Dashboard

No.	Konstruk	Min	Max	Mean	Modus
1	Halaman awal web dashboard 4G LTE Terdiri dari Main Dashboard 4G LTE dan Fitur "1. Loading Data" pada sidebar dashboard	2	5	4,41	5
2	Tampilan Pada Sidebar Dashboard 4G LTE (2. Feature Selection)	1	5	4,44	5
3	Tampilan Laman Tengah dashboard Pasca melakukan pemilihan "2. Feature Selection"	1	5	4,29	5
4	Tampilan Laman Tengah dashboard Pasca melakukan pemilihan "3. Modelling and Evaluation"	1	5	4,27	4
5	Tampilan Informasi tentang Formula Metric Performance	3	5	4,57	5

Tabel 0-7 Hasil Statistik Deskriptif untuk Indikator Technology Acceptance Model

Konstruk	Min	Max	Mean	Modus
Usefulness	2	5	4,11	4
Ease of Use	2	5	4,30	4

Berdasarkan Tabel 0-6, Untuk konstruk Nomor 1 diperoleh nilai minimum 2 yang merupakan penilaian terendah dari responden untuk kelima indikator dan nilai maksimum sebesar 5 yang berarti penilaian tertinggi dari responden untuk kelima indikator. Modus bernilai 5 yang mana diperoleh dari nilai terbanyak yang diisi oleh responden untuk

kelima indikator. Dan diperoleh mean senilai 4,41 dengan melakukan perhitungan rata-rata nilai untuk kelima indikator. Data tersebut menunjukkan bahwa pada tampilan Halaman awal *web dashboard* dan Fitur Loading Data pada *sidebar dashboard*, pengguna dapat memahami cara kerja *dashboard* dan dengan adanya fitur “help” memudahkan pengguna dalam melakukan proses pemilihan dataset pengukuran untuk proses selanjutnya.

Untuk konstruk Nomor 2 diperoleh nilai minimum 1 yang merupakan penilaian terendah dari responden untuk kelima indikator dan nilai maksimum sebesar 5 yang berarti penilaian tertinggi dari responden untuk kelima indikator. Modus bernilai 5 yang mana diperoleh dari nilai terbanyak yang diisi oleh responden untuk kelima indikator. Dan diperoleh mean senilai 4,44 dengan melakukan perhitungan rata-rata nilai untuk kelima indikator. Data tersebut menunjukkan bahwa pada tampilan *sidebar dashboard* yaitu untuk *feature selection*, pengguna bisa melakukan proses pemilihan fitur dengan mempelajari hasil dari *correlation heatmap* sehingga pengguna dapat memilih fitur apa saja yang korelasi nya kuat dan dapat melakukan pengurangan fitur menggunakan fitur opsional PCA.

Untuk konstruk Nomor 3 diperoleh nilai minimum 1 yang merupakan penilaian terendah dari responden untuk kelima indikator dan nilai maksimum sebesar 5 yang berarti penilaian tertinggi dari responden untuk kelima indikator. Modus bernilai 5 yang mana diperoleh dari nilai terbanyak yang diisi oleh responden untuk kelima indikator. Dan diperoleh mean senilai 4,29 dengan melakukan perhitungan rata-rata nilai untuk kelima indikator. Data tersebut menunjukkan bahwa setelah melakukan pemilihan *feature selection*. Pengguna dapat melakukan proses pemilihan model untuk salah satu model algoritma *machine learning* serta dapat melakukan pengaturan proporsi dataset pada *train size* dan hal itu terbantu dengan pengguna mempelajari dari menggunakan fitur “help” sebagai fitur yang memandu pengguna dalam melakukan proses *modelling and evaluation*.

Untuk konstruk Nomor 4 diperoleh nilai minimum 1 yang merupakan penilaian terendah dari responden untuk kelima indikator dan nilai maksimum sebesar 5 yang berarti penilaian tertinggi dari responden untuk kelima indikator. Modus bernilai 4 yang mana diperoleh dari nilai terbanyak yang diisi oleh responden untuk kelima indikator. Dan diperoleh mean senilai 4,27 dengan melakukan perhitungan rata-rata nilai untuk kelima indikator. Data tersebut menunjukkan bahwa setelah melakukan centang kotak “Launch Visualization”, pengguna dapat memperoleh informasi hasil dari visualisasi prediksi throughput terhadap waktu serta dapat mempelajari informasi terkait *evaluation performance* untuk ketiga metrik yaitu R2 score, RMSE, MSE dan MAE.

Untuk konstruk Nomor 5 diperoleh nilai minimum 3 yang merupakan penilaian terendah dari responden untuk satu indikator dan nilai maksimum sebesar 5 yang berarti penilaian tertinggi dari responden untuk satu indikator. Modus bernilai 5 yang mana diperoleh dari nilai terbanyak yang diisi oleh responden untuk satu indikator. Dan diperoleh mean senilai 4,57 dengan melakukan perhitungan rata-rata nilai untuk satu indikator. Data tersebut menunjukkan bahwa setelah melakukan centang kotak

“Tampilkan performa metric”, pengguna sangat bisa mempelajari formula metric dengan mudah dan tanpa kendala sehingga pengguna bisa menerapkan formula itu untuk mempelajari hasil dari *evaluation performance metrics*.

Berdasarkan Tabel 0-7, konstruk *usefulness* memiliki 6 indikator yang harus dianalisis. Diperoleh nilai minimum 2 yang merupakan penilaian terendah dari responden untuk keempat indikator dan nilai maksimum sebesar 5 yang berarti penilaian tertinggi dari responden untuk keempat indikator. Modus bernilai 4 yang mana diperoleh dari nilai terbanyak yang diisi oleh responden untuk keempat indikator. Dan diperoleh mean senilai 4,11 dengan melakukan perhitungan rata-rata nilai untuk keenam indikator. Data tersebut menunjukkan bahwa sistem *web dashboard* dapat membantu pengguna dalam menyelesaikan pekerjaan dengan cepat, sehingga diharapkan dengan sistem ini bisa meningkatkan performa, produktivitas dan efektivitas pengguna dalam menyelesaikan permasalahan terkait prediksi kinerja *throughput downlink* 4G LTE serta sistem ini akan berguna ketika diterapkan di sektor pekerjaan masing-masing pengguna.

Lalu untuk konstruk *ease of use* memiliki 4 indikator yang harus dianalisis. Diperoleh nilai minimum 2 yang merupakan penilaian terendah dari responden untuk keempat indikator dan nilai maksimum sebesar 5 yang berarti penilaian tertinggi dari responden untuk keempat indikator. Modus bernilai 4 yang mana diperoleh dari nilai terbanyak yang diisi oleh responden untuk keempat indikator. Dan diperoleh mean senilai 4,30 dengan melakukan perhitungan rata-rata nilai untuk keempat indikator. Data tersebut menunjukkan bahwa pengguna dapat mempelajari dan menguasai sistem *web dashboard* dengan cepat dengan kemudahan akses melalui *website* dari *deployment cloud*, Serta sistem *web dashboard* menyediakan hasil informasi yang membuat pengguna bisa paham tentang hasil dari sistem *web dashboard* dan sistem yang diberikan kepada pengguna dapat memenuhi kebutuhan pengguna dalam menyelesaikan permasalahan *throughput downlink*.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa Sistem Prediksi *User Throughput-Downlink* Berbasis *Machine Learning* untuk Jaringan 4G LTE telah berhasil dibangun dan dievaluasi dalam bentuk uji fungsional dan uji terima. Input sistem berupa dataset pengukuran parameter kualitas layanan pada jaringan 4G LTE dan parameter input yang dimasukkan oleh pengguna, sedangkan output yang dihasilkan berupa prediksi *throughput downlink*. *Web Dashboard* berfungsi untuk visualisasi data dan antarmuka pengguna dengan sistem. Uji fungsional mencakup pengujian pada halaman utama, fungsionalitas fitur *data loading*, fungsionalitas *feature selection*, dan fungsionalitas fitur *modelling and evaluation data*. Uji terima dilakukan atas tiga konstruk, yaitu persepsi tampilan *web dashboard* keseluruhan, *usefulness*, dan *ease of use*. Uji terima dilakukan kepada 76 responden dengan nilai modus dan nilai rata-rata ≥ 4 dari skala 5.

Pengembangan sistem ke depannya dapat fokus kepada peningkatan efisiensi sistem dari sisi konsumsi *resource* komputasi dan memori, pengembangan API agar data bisa langsung ditransmisikan dari *smartphone* (bukan dengan menyimpan file di *local*

kemudian di-upload ke *cloud*). Selain itu, perlu dipertimbangkan pula pembuatan model machine learning yang lebih efisien berdasarkan aspek kompleksitas dan jumlah parameternya.

BIBLIOGRAFI

- Ajzen, Icek. (1980). Understanding attitudes and predicting social behavior. *Englewood Cliffs*.
- Arshad, Qazi Kamal Ud Din, Kashif, Ahsan Ullah, & Quershi, Ijaz Mansoor. (2019). A review on the evolution of cellular technologies. *2019 16th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST)*, 989–993. IEEE.
- Boz, Eren, Finley, Benjamin, Oulasvirta, Antti, Kilkki, Kalevi, & Manner, Jukka. (2019). Mobile QoE prediction in the field. *Pervasive and Mobile Computing*, 59, 101039.
- Davis, Fred D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38(3), 475–487.
- Elsherbiny, Habiba, Nagib, Ahmad M., Abou-zeid, Hatem, Abbas, Hazem M., Hassanein, Hossam S., Noureldin, Aboelmagd, Sediq, Akram Bin, & Boudreau, Gary. (2020). 4G LTE Network Data Collection and Analysis along Public Transportation Routes. *GLOBECOM 2020-2020 IEEE Global Communications Conference*, 1–6. IEEE.
- Hasan, Md Al Mehedi, Nasser, Mohammed, Ahmad, Shamim, & Molla, Khademul Islam. (2016). Feature selection for intrusion detection using random forest. *Journal of Information Security*, 7(3), 129–140.
- He, Haiyang, Yang, Yang, & Pan, Yayue. (2019). Machine learning for continuous liquid interface production: Printing speed modelling. *Journal of Manufacturing Systems*, 50, 236–246.
- Jayanti, Elisa Dwi, & Ani, Nur. (2017). Pembangunan dashboard untuk visualisasi analisa keuangan. *Format*, 6(2), 57–66.
- Meng, Qingmin, Fang, Xiaoqiang, Yue, Wenjing, Meng, Yang, & Wei, Jingcheng. (2018). Bayesian Network Prediction of Mobile User Throughput in 5G Wireless Networks. *2018 10th International Conference on Communications, Circuits and Systems (ICCCAS)*, 291–295. IEEE.
- Mostafa, Ali, Elattar, Mustafa A., & Ismail, Tawfik. (2022). Downlink Throughput Prediction in LTE Cellular Networks Using Time Series Forecasting. *2022 International Conference on Broadband Communications for Next Generation Networks and Multimedia Applications (CoBCom)*, 1–4. IEEE.
- Peña-López, Ismael. (2014). *Ericsson Mobility Report*.
- Rigopoulos, George, Psarras, John, & Askounis, D. (2008). A TAM model to evaluate user's attitude towards adoption of decision support systems. *Journal of Applied Sciences*, 8(5), 899–902.

- Rud, Olivia Parr. (2009). *Business intelligence success factors: tools for aligning your business in the global economy* (Vol. 18). John Wiley & Sons.
- Salvador–Meneses, Jaime, Ruiz–Chavez, Zoila, & Garcia–Rodriguez, Jose. (2019). Compressed k NN: K-nearest neighbors with data compression. *Entropy*, 21(3), 234.
- Samba, Alassane, Busnel, Yann, Blanc, Alberto, Dooze, Philippe, & Simon, Gwendal. (2017). Instantaneous throughput prediction in cellular networks: Which information is needed? *2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM)*, 624–627. IEEE.
- Scharl, Arno, Hubmann-Haidvogel, Alexander, Jones, Alistair, Fischl, Daniel, Kamolov, Ruslan, Weichselbraun, Albert, & Rafelsberger, Walter. (2016). Analyzing the public discourse on works of fiction–Detection and visualization of emotion in online coverage about HBO’s Game of Thrones. *Information Processing & Management*, 52(1), 129–138.
- Vanns, James, & Galeano, David. (2023). Re-making the Movie-Making Machine. *Job Scheduling Strategies for Parallel Processing: 25th International Workshop, JSSPP 2022, Virtual Event, June 3, 2022, Revised Selected Papers*, 211–232. Springer.
- Yeo, Sook Fern, Tan, Cheng Ling, Kumar, Ajay, Tan, Kim Hua, & Wong, Jee Kit. (2022). Investigating the impact of AI-powered technologies on Instagrammers’ purchase decisions in digitalization era–A study of the fashion and apparel industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 177, 121551.
- Zuo, Xuechen. (2020). *A Deep Learning Approach to Downlink User Throughput Prediction in Cellular Networks*.

Copyright holder:

Ervyan Shalannanda, Muhammad Taufiq Rafiandi, And Irma Zakia (2023)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

