

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan internet saat ini menjadi suatu kebutuhan yang hampir diperlukan oleh banyak orang. Seiring dengan perkembangan teknologi, internet menjadi salah satu teknologi yang mampu menghubungkan perangkat satu dengan lain, melakukan pertukaran data maupun informasi, bahkan mampu melakukan pekerjaan dari suatu tempat tanpa memperdulikan jarak. Dengan pesatnya perkembangan teknologi, cakupan dari internet pun semakin meluas. Hampir setiap sektor kehidupan memerlukan jaringan internet untuk melakukan pekerjaannya. Infrastruktur menjadi salah satu faktor penyebaran jaringan internet yang ada di Indonesia. Penyebaran infrastruktur yang kurang merata, menyebabkan keeserjangan teknologi yang ada. Seperti halnya ibu kota dengan pedesaan, seluruh kegiatan yang ada di ibu kota sudah menerapkan pemakaian teknologi dengan jaringan internet yang cepat sebagai pendukungnya, sehingga penduduk ibu kota menjadi terbiasa dengan hal itu. Berbeda dengan penduduk desa yang belum terlalu merasakan pesatnya perkembangan teknologi pada berbagai sektor kehidupan. Letak geografis juga menjadi penentu pembangunan infrastruktur. Kondisi tersebut menjadi faktor menghambat pemerataan jaringan internet sehingga sulit untuk melakukan pertukaran infromasi.

Selain daripada perbedaan infrastruktur tiap daerah di Indonesia, ada situasi khusus yang menyebabkan terjadinya gangguan jaringan internet, seperti terjadinya bencana alam. Bencana alam yang terjadi di suatu daerah menyebabkan begitu banyak kerugian, salah satunya adalah materi. Seperti yang kita ketahui, Jakarta merupakan ibu kota Negara Indonesia yang terletak pada $6^{\circ} 12'$ Lintang Selatan dan $106^{\circ} 48'$ Bujur Timur, dimana hal tersebut membuat Jakarta memiliki potensi ancaman bencana. Bencana terbesar yang mengancam Jakarta adalah banjir, yang selalu terjadi setiap tahun dengan ancaman perluasan wilayah. Tercatat sebagian besar banjir terjadi di tahun 2013 dengan frekuensi kejadian 33 kali yang menyebabkan banyak kerugian (Uzlifatul Azmiyati, 2019). Bencana banjir merupakan suatu bencana yang sering kali terjadi karena faktor alam maupun

manusia. Menurut Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) dan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), tipe bencana seperti ini paling banyak mendominasi dengan jumlah 1-12 kejadian atau sekitar 2.489 (96.8%) DKI Jakarta memiliki risiko rentan bencana banjir yang tergolong tinggi, dimana sekitar 93 titik genangan banjir yang terjadi di Jakarta dengan ketinggian sekitar 10-80 centimeter yang tersebar di beberapa lokasi (Kanapi, 2021).

Kerusakan yang terjadi akibat bencana alam tidak hanya berpengaruh terhadap infrastruktur saja, namun juga terkait persoalan jaringan, dimana hal tersebut berpengaruh pada koneksi internet yang menghambat jalur komunikasi. Akibatnya di beberapa area di Kota Jakarta, koneksi internet tidak memadai, sehingga menyebabkan penundaan dan kehilangan pesan. Kota Jakarta mendapat perhatian khusus karena termasuk ibu kota negara yang menjadi pusat bisnis dan perdangangan yang membutuhkan wilayah pergerakan lebih cepat dan stabil untuk manusia, barang, maupun jasa (Lulus Suci Hedrawati, 2023). Pengembangan algoritma *Buffer Management* pada *Delay Tolerant Network* (DTN) untuk *Emergency Dissemination Alert* pada transportasi terintegrasi di Kota Jakarta dapat menjadi solusi untuk mengatasi tantangan dalam mengirimkan pesan peringatan darurat di area dengan koneksi jaringan yang tidak stabil atau bahkan tidak tersedia.

Teknologi *Delay Tolerant Network* (DTN) dirancang untuk memungkinkan proses komunikasi pada jaringan yang tidak memiliki koneksi end-to-end secara terus-menerus, dengan menerapkan konsep *Store-Carry-Forward*. Melalui mekanisme ini, setiap node berfungsi sebagai penyimpan sementara pesan sebelum diteruskan ke node berikutnya hingga pesan mencapai tujuan. Dalam konteks tersebut, pengelolaan *buffer* menjadi komponen yang sangat krusial untuk memaksimalkan pemanfaatan ruang penyimpanan yang terbatas dan mencegah kehilangan pesan. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk meningkatkan rasio keberhasilan pengiriman pesan adalah dengan *routing multi-copy*, di mana pesan direplikasi dan dikirim ke beberapa node untuk memperbesar peluang mencapai tujuan. Namun, pendekatan ini juga menimbulkan tantangan berupa peningkatan beban jaringan (*overhead ratio*) dan konsumsi sumber daya yang lebih besar. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme pengelolaan buffer yang lebih efisien untuk

menjaga keseimbangan antara reliabilitas dan efisiensi komunikasi.

Berbagai metode seperti *First In First Out* (FIFO), *Last In First Out* (LIFO), dan Random telah diterapkan untuk mengatur prioritas penyimpanan dan penghapusan pesan dalam *buffer*. Selain itu, penggunaan *Stationary Relay Node* dan mekanisme *Packet Priority* juga terbukti dapat meningkatkan peluang keberhasilan pengiriman pesan. Namun, efisiensi sistem masih sangat bergantung pada bagaimana algoritma *routing* menilai nilai penting atau potensi keberhasilan suatu pesan untuk diteruskan. Permasalahan inilah yang kemudian memperlihatkan adanya celah pada algoritma routing konvensional seperti Epidemic dan *Spray and Wait* (SnW). Epidemic menghasilkan banyak duplikasi pesan yang membebani *buffer*, sementara SnW mendistribusikan salinan secara statis tanpa mempertimbangkan kondisi node penerima, sehingga sering kali penyebaran pesan tidak efektif pada lingkungan mobilitas tinggi.

Pada ASW, jumlah salinan pesan tidak lagi ditetapkan secara statis, melainkan dihitung secara adaptif berdasarkan *geoGain*, *bufferFreeRatio*, dan *ttlRatio* dari node tetangga. Pendekatan ini memungkinkan pesan diteruskan hanya ketika perpindahan tersebut benar-benar meningkatkan peluang keberhasilan, sehingga *buffer* dapat digunakan lebih efisien, *overhead* tetap terkendali, dan *delivery probability* meningkat. Dengan desain *standalone router* serta penggunaan *random seed* tetap dalam ONE Simulator, ASW juga memberikan performa yang lebih stabil, deterministik, dan dapat direplikasi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengoptimalkan pengelolaan *buffer*, tetapi juga meningkatkan keandalan penyampaian pesan peringatan darurat pada sistem transportasi terintegrasi di Kota Jakarta.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan penting yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana penerapan dan pengaruh algoritma *Utility Based Protocol* terhadap peningkatan kinerja jaringan *Delay Tolerant Network (DTN)* dalam penyebaran pesan darurat di transportasi terintegrasi Jakarta?
2. Bagaimana perbandingan performa algoritma *Utility Based Protocol*

terhadap parameter *delivery probability*, *overhead ratio*, *latency average*, *hop count average* dan *buffer time average*?

3. Kebijakan manajemen *buffer* seperti apa yang paling efektif untuk mendukung peningkatan performa algoritma *Utility Based Protocol* dalam konteks penyebaran pesan darurat?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijabarkan, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mengimplementasikan algoritma *Utility Based Protocol* terhadap peningkatan kinerja jaringan *Delay Tolerant Network (DTN)* dalam penyebaran pesan darurat di transportasi terintegrasi Jakarta.
2. Melakukan analisis perbandingan performa *Utility Based Protocol* menggunakan parameter *delivery probability*, *overhead ratio*, *latency average*, *hop count average* dan *buffer time average*.
3. Menentukan kebijakan *buffer management* (FIFO, LIFO, Random) yang paling efektif dalam mendukung performa optimal dari algoritma *Utility Based Protocol*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan harapan mampu memberikan manfaat kepada pembaca, meliputi :

1. Mengetahui performa algoritma *Utility Based Protocol* terhadap peningkatan kinerja jaringan *Delay Tolerant Network (DTN)* dalam penyebaran pesan darurat di transportasi terintegrasi Jakarta.
2. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang jaringan komunikasi toleran keterlambatan (*Delay Tolerant Network*), khususnya pada pengembangan algoritma routing berbasis nilai utilitas dan penerapan kebijakan manajemen buffer.
3. Digunakan sebagai acuan dalam pengembangan sistem komunikasi darurat berbasis DTN pada jaringan transportasi perkotaan, seperti TransJakarta atau KRL Jabodetabek, untuk memastikan pesan peringatan (*emergency alert*) tetap dapat terkirim meskipun jaringan mengalami gangguan atau

keterlambatan.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi oleh beberapa faktor agar fokus serta hasil yang diperoleh lebih terarah, meliputi :

1. Sistem : Penelitian dilakukan pada jaringan *Delay Tolerant Network* (DTN) yang disimulasikan menggunakan The ONE Simulator.
2. Algoritma : Fokus utama penelitian adalah pada pengembangan algoritma *Utility Based Protocol* berbasis *Adaptive Spray and Wait Routing*, serta perbandingannya dengan algoritma SnW dan *Epidemic Routing*.
3. Parameter Evaluasi : Analisis performa sistem dibatasi pada empat parameter utama, yaitu *delivery probability*, *overhead ratio*, *latency average*, dan *hop count average*.
4. Kebijakan *Buffer* : Kebijakan manajemen buffer yang diuji meliputi FIFO (*First In First Out*), LIFO (*Last In First Out*), dan *Random*.
5. Skenario Simulasi: Penelitian dilakukan pada konteks transportasi terintegrasi di Kota Jakarta, dengan asumsi pola mobilitas node mewakili kendaraan umum dan infrastruktur pendukung komunikasi pada sistem transportasi cerdas (*smart transportation system*).

1.6 Kontribusi Penelitian

Penelitian ini berangkat dari berbagai penelitian terdahulu yang membahas peningkatan kinerja *routing* pada jaringan *Delay Tolerant Network* (DTN), khususnya melalui pendekatan *utility-based protocol* dan mekanisme penyebaran pesan berbasis *multi-copy*. Penelitian-penelitian tersebut pada umumnya berfokus pada peningkatan peluang keberhasilan pengiriman pesan dengan memanfaatkan informasi kontekstual seperti kedekatan geografis, probabilitas pertemuan, atau karakteristik node. Namun, sebagian besar penelitian terdahulu masih menghadapi keterbatasan dalam hal efisiensi penggunaan *buffer* dan tingginya *overhead* akibat mekanisme *flooding* atau penyebaran salinan yang kurang terkontrol. Untuk menunjukkan posisi dan kontribusi penelitian yang dilakukan, Tabel 1.1 menyajikan perbandingan antara penelitian-penelitian terdahulu yang paling relevan dengan penelitian ini.

Tabel 1. 1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penelitian	Judul	Metode	Hasil	Keterangan
1	Agussalim et al. (2024)	Exploring Store-Carry-Forward Networking on Emergency Alert Dissemination of Jakarta's Integrated Rail System	Evaluasi protokol DTN berbasis SCF (Epidemic, Spray and Wait, Prophet, ProphetV2) menggunakan ONE Simulator	ProphetV2 memberikan keseimbangan terbaik antara delivery probability dan overhead	Kelebihan: studi awal DTN pada sistem transportasi Jakarta yang realistik. Kekurangan: belum mengoptimalkan mekanisme routing atau buffer secara adaptif.
2	Agussalim et al. (2025)	Utility-Based Buffer Management for Enhancing DTN Emergency Alert Dissemination in Jakarta's Urban Rail Systems	Utility-based buffer management pada Epidemic Routing	Peningkatan delivery probability dan penurunan latency melalui pengelolaan buffer berbasis utilitas	Kelebihan: buffer management cerdas dan kontekstual. Kekurangan: masih berbasis flooding sehingga overhead relatif tinggi.
3	Spyropoulos et al. (2005)	Spray and Wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks	Spray and Wait (multi-copy terbatas)	Overhead rendah dan efisiensi jaringan meningkat	Kelebihan: efisiensi sumber daya tinggi. Kekurangan: jumlah salinan statis dan tidak adaptif terhadap kondisi jaringan.
4	Chong Liu et al. (2010)	A Utility-based Multi-copy Forwarding Algorithm in Delay Tolerant Networks	Multi-copy forwarding dengan pendekatan utility-based decision	Delivery probability meningkat, dengan adanya evaluasi utilitas, proses penyebaran pesan menjadi lebih terarah dan tidak	Kelebihan: pemilihan relay node yang lebih akurat, sehingga peluang pesan untuk mencapai tujuan meningkat.. Kekurangan: penelitian ini masih

No	Nama Penelitian	Judul	Metode	Hasil	Keterangan
				sepenuhnya acak.	menerapkan mekanisme multi-copy tanpa pembatasan adaptif.
5	Mar'atul Adila	Pengembangan Algoritma Utility-Based Protocol pada DTN untuk Emergency Dissemination Alert pada Transportasi Terintegrasi di Kota Jakarta	Adaptive Spray and Wait berbasis utilitas (geoGain, bufferFreeRatio, ttlRatio)	-	-

Berdasarkan perbandingan pada Tabel 1.1 di atas, dapat disimpulkan bahwa penelitian-penelitian terdahulu telah memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan kinerja routing pada jaringan DTN, terutama melalui pemanfaatan pendekatan *utility-based* dan mekanisme *multi-copy* (Cong Liu, 2010; Spyropoulos, 2005; Agussalim N. V., 2025). Penelitian Agussalim menunjukkan bahwa penilaian *relay node* berbasis utilitas mampu meningkatkan *delivery probability*, namun masih menggunakan mekanisme *flooding* sehingga menimbulkan *overhead* dan tekanan *buffer* yang tinggi. Di sisi lain, *Spray and Wait* berhasil menekan *overhead* melalui pembatasan jumlah salinan, tetapi belum mampu beradaptasi terhadap kondisi jaringan karena jumlah salinan ditetapkan secara statis (Agussalim I. G., 2024; Agussalim N. V., 2025).

Research gap utama yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah belum adanya mekanisme routing DTN yang secara simultan menggabungkan pendekatan *utility-based forwarding* dengan pembatasan salinan yang bersifat adaptif, khususnya dalam konteks penyebaran pesan darurat. Sebagian penelitian berfokus pada peningkatan peluang pengiriman tanpa memperhatikan efisiensi *buffer*, sementara penelitian lainnya menekankan efisiensi jaringan tetapi mengabaikan konteks dan kualitas relay node. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengembangkan *Adaptive Spray and Wait* (ASW), di mana jumlah salinan pesan

tidak ditentukan secara statis, melainkan disesuaikan secara adaptif berdasarkan nilai utilitas node tetangga yang mencakup kedekatan geografis terhadap tujuan, ketersediaan buffer, dan sisa waktu hidup pesan.

Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan algoritma *Utility-Based Protocol* pada DTN sebagai pendekatan adaptif untuk meningkatkan efisiensi pengiriman pesan. Pengujian pendekatan berbasis utilitas menunjukkan bahwa penilaian node menggunakan faktor-faktor seperti kedekatan geografis, kapasitas *buffer*, atau nilai prioritas mampu meningkatkan akurasi keputusan *forwarding* (Agussalim N. V., 2025). Namun, karena metode tersebut tetap berbasis *flooding*, masalah *overhead* dan tekanan *buffer* belum terselesaikan secara optimal. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan *Adaptive Spray and Wait* (ASW) sebagai bentuk penyempurnaan dari SnW dengan memadukan prinsip spraying berbasis dengan mekanisme *utility-based forwarding*. Detail hasil dari penelitian ini akan dijabarkan pada buku ini di Bab 4 Hasil dan Pembahasan.