

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan hasil penelitian yang sudah dilakukan terhadap kualitas data terhadap performa pengiriman data protokol MQTT dengan menggunakan komponen parameter QoS untuk membantu menilai kualitas protokol secara terukur. Analisis protokol MQTT yang dilakukan pada perangkat *smart power meter* yang sudah diimplementasikan pada Gedung Telkom Jakarta Barat, dapat diambil kesimpulan dari penelitian antara lain :

1. Nilai *throughput* yang diperoleh dari hasil pengujian tiga skema berada pada rentang 291,23 Mbps hingga 385,86 Mbps. Berdasarkan standar TIPHON, nilai ini termasuk dalam kategori “BAIK” hingga “SANGAT BAIK”. Skema 1 menunjukkan nilai throughput tertinggi sebesar 385,86 Mbps, menandakan bahwa proses transmisi data berlangsung efisien dengan tingkat utilisasi kanal yang optimal. Sebaliknya, throughput terendah pada Skema 3 sebesar 291,23 Mbps menunjukkan adanya penurunan performa akibat dari *retransmission* dan tingkat idle antar-paket.
2. Nilai *delay* hasil pengujian berada pada rentang 179,27 ms hingga 302,79 ms, yang masuk dalam kategori “BAIK” sesuai standar TIPHON. Nilai ini menunjukkan bahwa latensi *end-to-end* masih berada dalam batas toleransi sistem IoT. *Delay* yang relatif stabil pada Skema 1 disebabkan oleh *spike delay* dan proses *retransmission* cepat pada protokol MQTT. Sedangkan pada Skema 3, peningkatan delay hingga 302,79 ms disebabkan oleh mekanisme *retransmission* TCP dan mekanisme *congestion avoidant* ketika terjadi kemacetan jaringan.
3. Nilai *packet loss* yang terukur pada semua skema berada pada rentang 0% hingga 11,6%, yang dikategorikan sebagai “SANGAT BAIK” hingga “BAIK”. Nilai kehilangan paket tertinggi terjadi pada Skema 3 di hari kedua dan ketiga, masing-masing sebesar 11,6%. Sebagian besar kehilangan paket berhasil dipulihkan melalui mekanisme *fast retransmit* pada lapisan TCP, namun pada tingkat aplikasi MQTT dengan QoS 0, pesan tetap dianggap gagal karena

waktu pemulihan melebihi ambang batas *timeout*. Dengan demikian, *packet loss* yang terjadi bukan disebabkan oleh kegagalan koneksi, melainkan karena implementasi QoS yang menyebabkan paket tertunda dan dianggap hilang oleh broker.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja protokol MQTT dipengaruhi oleh stabilitas kanal transmisi, kekuatan sinyal dan kepadatan lalu lintas jaringan. Pada kondisi jaringan yang stabil dan sinyal kuat seperti pada skema 1, protokol bekerja dengan efisien, menghasilkan *throughput* tinggi, *delay* rendah, dan *packet loss* minimal. Namun, ketika jaringan mengalami degradasi sinyal seperti pada skema 3, nilai QoS menurun meskipun protokol mampu untuk menjaga reliabilitas koneksi. Dengan demikian, secara teknis dapat disimpulkan protokol MQTT efektif untuk digunakan pada sistem *smart power meter* berbasis IoT karena tetap mampu untuk mempertahankan kualitas layanan transmisi data yang stabil, efisien dan handal berdasarkan parameter QoS menurut standar TIPHON.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis performa protokol MQTT pada perangkat *smart power meter* yang telah diimplementasikan di lingkungan Gedung Telkom Jakarta Barat, beberapa saran teknis dan pengembangan penelitian dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa degradasi performa protokol MQTT, terutama pada skema 3, sangat dipengaruhi oleh jarak dan kekuatan sinyal dengan nilai RSSI 86 dBm hingga 90 dBm. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kualitas kanal transmisi pada area dengan jangkauan sinyal rendah. Selain itu, penggunaan kanal *wi-fi* yang tidak tumpang tindih (*non-overlapping channel*) dapat mengurangi gangguan dan *collusion* , sehingga menurunkan tingkat *packet loss* dan *delay* secara signifikan.
2. Hasil pengujian menunjukkan mekanisme *retransmission* berpengaruh terhadap peningkatan *delay* dan *timeout* aplikasi pada tingkat QoS 0. Oleh karena itu, disarankan agar sistem pengiriman data menggunakan QoS 1 dan QoS 2 untuk meningkatkan reliabilitas pengiriman pesan. Pemilihan QoS yang lebih tinggi dapat menurunkan resiko untuk kehilangan pesan akibat *timeout* MQTT *client*, meskipun berdampak pada peningkatan *overhead* komunikasi. Pengaturan interval *publish rate* yang optimal juga perlu dilakukan agar beban jaringan tidak menimbulkan *congestion* pada lapisan TCP.
3. Untuk memperoleh hasil yang lebih representatif, penelitian lanjutan disarankan mencangkup variasi waktu yang lebih panjang , serta pengujian di berbagai tingkat kepadatan trafik jaringan. Selain itu, pengujian diperluas untuk fenomena yang ditemukan seperti mengintegrasikan analisis layer fisik dan MAC secara mendalam, termasuk pengukuran SINR, *jitter*, dan *congestion window* (cwnd) secara bersamaan. Dengan pendekatan ini, penyebab degradasi performa dapat lebih presisi dari sisi kanal maupun protokol *transport* .