



PENERAPAN MODEL KAPLAN-MEIER DAN MODEL WEIBULL PADA DATA LAMA BERTAHAN PELANGGAN DSL DAN FIBER OPTIC

NAILI AZQIYAH, CHALISTA DIVIA MAHARANI DJUANDA, DITA ANGGRAINI SOEKARNO, ENINDYA AGENG PANGESTI, PANDYA ARSA NUGRAHA, SYLVIANA DEWI EKA CANDRA, DAN MIRA ANDRIYANI*

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

*Penulis Korespondensi: miraandriyani10@staff.uns.ac.id

ABSTRAK

Telekomunikasi merupakan salah satu sektor yang menghadapi permasalahan churn atau berhentinya pelanggan berlangganan layanan. Analisis survival dapat digunakan untuk menganalisis pola ketahanan pelanggan berdasarkan lama waktu bertahan berlangganan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola survival pelanggan layanan telekomunikasi menggunakan model Kaplan–Meier dan Weibull serta membandingkan peluang bertahan pelanggan DSL dan Fiber Optic menggunakan uji log-rank. Data yang digunakan adalah Telco Customer Churn yang diperoleh dari platform Kaggle dan dianalisis menggunakan perangkat lunak RStudio. Hasil analisis Kaplan–Meier menunjukkan bahwa pelanggan DSL memiliki peluang bertahan lebih lama dibandingkan pelanggan Fiber Optic dengan nilai RMST sebesar 58,91 bulan untuk DSL dan 47,04 bulan untuk Fiber Optic. Hasil uji log-rank menunjukkan adanya perbedaan peluang bertahan yang signifikan antara kedua kelompok layanan internet. Selain itu, model Weibull menghasilkan parameter shape sebesar 0,6624 yang menunjukkan bahwa risiko churn lebih tinggi pada masa awal berlangganan dan menurun seiring bertambahnya waktu. Secara keseluruhan, penerapan model Kaplan–Meier, Weibull, dan uji log-rank mampu memberikan gambaran pola survival pelanggan telekomunikasi serta kecenderungan churn pelanggan berdasarkan jenis layanan internet.

Kata Kunci: Analisis survival, Kaplan–Meier, Telekomunikasi, Weibull.

ABSTRACT

Telecommunications is one of the sectors that faces customer churn problems, namely customers discontinuing subscription services. Survival analysis can be used to analyze customer retention patterns based on the duration of customer subscriptions. This study aims to analyze the survival patterns of telecommunication service customers using the Kaplan–Meier and Weibull models and to compare the survival probabilities of DSL and Fiber Optic customers using the log-rank test. The data used was the Telco Customer Churn dataset obtained from Kaggle and analyzed using RStudio software. The Kaplan–Meier analysis showed that DSL customers had a longer survival probability than Fiber Optic customers, with RMST values of 58.91 months for DSL and 47.04 months for Fiber Optic. The log-rank test indicated a significant difference in survival probabilities between the two internet service groups. In addition, the Weibull model produced a shape parameter of 0.6624, indicating that the risk of customer churn is higher during the early subscription period and decreases over time. Overall, the Kaplan–Meier, Weibull, and log-rank approaches were able to describe customer survival patterns and churn tendencies based on internet service types.

Keywords: Kaplan–Meier, Survival analysis, Telecommunications, Weibull.

2020 Mathematics Subject Classification: 62N02, 62P25.
Diterima: 09-02-2026, direvisi: 12-05-2026, dimuat: 13-05-2026

1. Pendahuluan

Industri telekomunikasi merupakan salah satu bidang yang penting karena layanannya digunakan oleh hampir seluruh lapisan masyarakat dalam berbagai aktivitas kehidupan. Tingginya kebutuhan masyarakat terhadap layanan telekomunikasi menjadikan keberlangsungan pelanggan sebagai faktor penting bagi perusahaan penyedia jasa. Salah satu permasalahan utama yang dihadapi perusahaan telekomunikasi adalah churn pelanggan, yaitu fenomena berhentinya pelanggan berlangganan suatu layanan. Dua jenis layanan internet yang umum tersedia yaitu Digital Subscriber Line (DSL) dan Fiber Optic. DSL memanfaatkan kabel tembaga jaringan telepon yang sudah ada sehingga lebih mudah diakses, namun cenderung memiliki kecepatan lebih rendah dan kualitas yang dipengaruhi jarak. Sebaliknya, Fiber Optic menggunakan kabel serat optik yang mendukung transmisi data berkecepatan tinggi dan lebih stabil. Perbedaan karakteristik ini dapat memengaruhi pengalaman pelanggan sehingga kemungkinan terjadinya churn pada masing-masing layanan pun mungkin berbeda.

Data publik yang banyak digunakan untuk analisis ini adalah Telco Customer Churn, dataset yang tersedia di platform Kaggle. Dataset ini berisi lebih dari 7.000 entri pelanggan dengan variabel seperti tenure (lama berlangganan), jenis layanan (DSL atau Fiber Optic), status pembayaran, dan apakah pelanggan berhenti atau tetap menggunakan layanan. Variabel tenure sangat sesuai untuk dianalisis menggunakan pendekatan survival karena menggambarkan waktu bertahan pelanggan sebelum terjadi kejadian “churn”.

Analisis survival merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mempelajari lamanya waktu hingga terjadinya suatu peristiwa tertentu, seperti kematian, kegagalan sistem, maupun berhenti berlangganan. Dalam konteks ini, dua pendekatan utama sering digunakan, yaitu model nonparametrik Kaplan–Meier dan model parametrik dengan asumsi data berdistribusi Weibull. Model Kaplan–Meier berfungsi mengestimasi fungsi survival tanpa asumsi distribusi tertentu pada data sehingga cocok untuk menggambarkan peluang ketahanan pelanggan dari waktu ke waktu secara empiris [1]. Sementara itu, model parametrik dengan asumsi distribusi Weibull digunakan untuk menganalisis pola ketahanan dengan asumsi bahwa data waktu kejadian mengikuti distribusi weibull sehingga dapat mengestimasi parameter laju kegagalan dan bentuk kurva survival secara lebih presisi [2]. Untuk membandingkan dua atau lebih kurva survival, digunakan uji log-rank yang mampu menguji signifikansi perbedaan waktu bertahan antar kelompok pelanggan [3]. Untuk menyederhanakan, selanjutnya model parametrik dengan asumsi waktu survival berdistribusi Weibull akan disebut sebagai model Weibull.

Berbagai penelitian terdahulu telah menerapkan model survival, khususnya Kaplan–Meier dan Weibull pada bidang kesehatan dan asuransi. Misalnya, penelitian oleh Sukarma dan Anggraini [2] menggunakan Kaplan–Meier dan uji log-rank untuk membandingkan dua jenis *treatment* pada pasien penyakit jantung koroner, namun tidak menemukan perbedaan signifikan antar kelompok. Penelitian Hasa dkk. [4] menerapkan analisis Bayesian survival Weibull pada pasien kanker serviks, menemukan bahwa variabel komplikasi berpengaruh signifikan terhadap laju kesembuhan. Selain itu, Hariadi dan Sulantari [5] menggunakan Kaplan–Meier untuk menganalisis lama waktu sembuh pasien Covid-19 dan menemukan perbedaan signifikan antara pasien laki-laki dan perempuan berdasarkan hasil uji log-rank. Penelitian serupa pada bidang nonmedis juga dilakukan oleh Novianti dkk [6] menerapkan distribusi Weibull untuk menganalisis risiko pencemaran air di DAS Mahakam [7] menggunakan distribusi Weibull untuk memodelkan keandalan komponen pompa hidrolis dan Arifin dkk [8] memodelkan umur dan keandalan ripper tip bulldozer dengan Weibull.

Literatur yang ada menunjukkan bahwa model survival seperti Kaplan–Meier dan Weibull telah banyak diaplikasikan pada penelitian medis, teknik, maupun lingkungan. Namun, penerapan model ini pada industri telekomunikasi masih sangat terbatas. Selain itu, belum ditemukan penelitian yang secara khusus menggabungkan model Kaplan–Meier dan model

Weibull untuk menganalisis durasi bertahan pelanggan serta membandingkan perbedaan ketahanan antar layanan. Penelitian terdahulu juga jarang menyoroti implikasi analisis survival terhadap strategi retensi pelanggan. Oleh karena itu, masih diperlukan penelitian terkait bagaimana metode survival dapat digunakan untuk memahami perilaku bertahan pelanggan telekomunikasi untuk dapat mendukung pengambilan keputusan bisnis berbasis data. Temuan dari berbagai penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa kombinasi model Kaplan–Meier, model Weibull, dan uji log-rank efektif digunakan dalam berbagai konteks analisis survival untuk memahami pola durasi dan perbedaan antarkelompok [4], [5], [6], [9], sehingga relevan untuk diterapkan dalam konteks telekomunikasi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola survival pelanggan layanan telekomunikasi menggunakan pendekatan survival melalui model Kaplan–Meier dan Weibull. Penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan peluang bertahan pelanggan DSL dan *Fiber Optic* menggunakan uji log-rank. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kecenderungan *churn* pelanggan serta mendukung strategi retensi pelanggan pada industri telekomunikasi.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Data

Data yang digunakan adalah data *Telco Customer Churn* yang diambil dari laman Kaggle untuk memodelkan lama pelanggan bertahan sebelum berhenti berlangganan. Pelanggan dianalisis sebagai objek pengamatan dengan *tenure* sebagai lama bertahan. *Event* dalam analisis survival pada penelitian ini adalah *churn* atau penghentian langganan dinotasikan dengan 1 untuk pelanggan yang berhenti berlangganan (*Yes*) dan 0 untuk pelanggan yang masih melanjutkan layanan (*No*) dalam masa pencatatan data. Namun, detail mengenai rentang waktu pengumpulan data maupun identitas spesifik lain terkait data sekunder yang digunakan tidak dijelaskan secara rinci pada sumber dataset. Terdapat tiga variabel utama yang digunakan dalam penelitian ini. Variabel numerik berupa lama berlangganan dalam satuan bulan, status *Churn* berupa data kategorik bernilai 0 dan 1, serta variabel kategorik berupa *internet service* yang terdiri dari DSL dan *Fiber Optic*. Pemilihan variabel *internet service* didasarkan pada penelitian Gerpott, dkk [9] yang menyatakan bahwa kualitas layanan dan pengalaman penggunaan layanan telekomunikasi memengaruhi kepuasan serta loyalitas pelanggan yang berdampak pada keputusan pelanggan untuk tetap berlangganan atau berhenti menggunakan layanan. Selain itu, variabel ini bersifat kategorikal dengan dua kelompok yang seimbang sehingga sangat sesuai untuk diterapkan dalam analisis survival.

2.2. Kaplan-Meier

Penelitian ini menggunakan analisis survival dengan model nonparametrik Kaplan-Meier dan model Weibull. Kurva survival yang dihasilkan model Kaplan-Meier dibandingkan dengan uji log-rank untuk menyatakan apakah dua fungsi survival pada kedua kategori *internet service* berbeda secara signifikan. Kaplan-Meier adalah model nonparametrik karena model diterapkan secara empiris dan tidak memerlukan asumsi mengenai bentuk distribusi peluang yang mendasari data waktu survival [10]. Kaplan-Meier digunakan untuk mengestimasi fungsi survival yang merepresentasikan peluang suatu individu tidak mengalami *event* melewati waktu t . Fungsi estimator Kaplan-Meier [11] adalah

$$\hat{S}(t) = \begin{cases} 1, & \text{jika } t < t_1 \\ \prod_{t_i \leq t} \left(1 - \frac{d_i}{Y_i}\right), & \text{jika } t \geq t_1 \end{cases}$$

Dengan $\hat{S}(t)$ menyatakan estimasi fungsi survival pada waktu t , t_i menyatakan waktu terjadinya *event* ke- i dalam satuan bulan, yaitu saat pelanggan mengalami *churn* atau berhenti berlangganan. Nilai d_i menyatakan banyaknya pelanggan yang mengalami *churn* pada waktu t_i , sedangkan Y_i diperoleh dari jumlah pelanggan yang masih aktif berlangganan sebelum bulan pengamatan ke- t_i dan belum mengalami *event* maupun sensor.

2.3. Uji Log-Rank

Untuk mengetahui apakah dua fungsi *survival* berbeda, dilakukan uji log-rank [12]. Dalam uji log-rank terdapat hipotesis awal (H_0) yaitu

$$S_1(t) = S_2(t)$$

Dengan $S_1(t)$ menyatakan fungsi survival pelanggan pengguna layanan DSL dan $S_2(t)$ menyatakan fungsi survival pelanggan pengguna layanan *Fiber Optic*. H_0 menegaskan bahwa tidak terdapat perbedaan peluang bertahan pelanggan antara kedua jenis layanan internet yang dibandingkan. Dalam penerapan model Kaplan-Meier, data tersensor atau data individu yang tidak mengalami *event* hingga akhir pengamatan diperhitungkan sebagai kelompok berisiko hingga waktu penyensoran.

2.4. Model Weibull

Untuk analisis parametrik, diterapkan model Weibull. Model Weibull merupakan model parametrik karena proses pemodelan mengasumsikan bahwa data waktu survival mengikuti bentuk fungsi peluang spesifik yang ditentukan yaitu distribusi Weibull. Bentuk kurva survival yang dihasilkan sangat ditentukan oleh estimasi parameter *scale* (λ) dan *shape* (k) dari data. Fungsi survival digunakan untuk mengestimasi peluang individu bertahan melewati waktu t . Fungsi survival distribusi Weibull adalah

$$S(t) = e^{-(\lambda t)^\alpha}$$

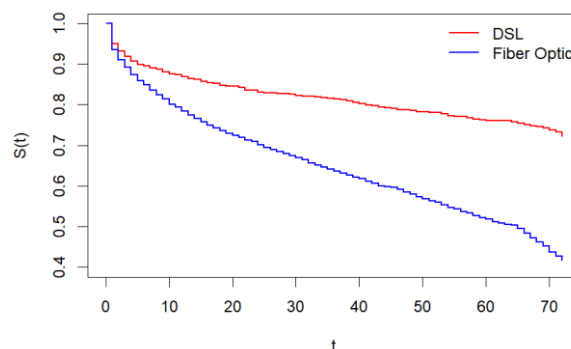
Dengan $S(t)$ adalah fungsi survival pada waktu ke- t , parameter bentuk (*shape parameter*) α , dan parameter skala (*scale parameter*) λ .

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini digunakan dua pendekatan analisis survival, yaitu model nonparametrik Kaplan-Meier dan model parametrik distribusi Weibull. Pendekatan kombinitif ini digunakan dalam studi *churn* pelanggan telekomunikasi karena Kaplan-Meier memberikan estimasi survival berbasis data tanpa asumsi distribusi, sedangkan Weibull memungkinkan pemodelan survival secara parametrik untuk prediksi dan interpretasi lebih lanjut.

3.1. Penerapan Kaplan-Meier

Menerapkan Kaplan-Meier pada data pelanggan telekomunikasi dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik fungsi survival data pelanggan telekomunikasi menggunakan Kaplan-Meier berdasarkan waktu bertahan pelanggan t dalam satuan bulan

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa kurva survival DSL dan *fiber optic* tidak berpotongan sehingga kedua variabel dikatakan berbeda. Selain itu, diketahui bahwa pelanggan layanan DSL lebih bertahan dibandingkan pelanggan *fiber optic* karena posisi kurvanya yang berada di atas. Pelanggan *fiber optic* menunjukkan laju *churn* atau berhenti berlangganan lebih cepat. Selain itu, juga dilakukan perhitungan RMST (*Restricted Mean Survival Time*) dan *median survival time* menggunakan Kaplan-Meier. RMST dihitung berdasarkan luas daerah di bawah kurva survival Kaplan-Meier hingga batas waktu pengamatan tertentu.

$$RMST(\tau) = \int_0^{\tau} S(t) dt$$

dengan $S(t)$ menyatakan fungsi survival dan τ menyatakan batas waktu pengamatan. Nilai RMST merepresentasikan rata-rata lama pelanggan bertahan selama periode pengamatan. Selain itu, *median survival time* ditentukan sebagai waktu ketika peluang survival mencapai 0.5 atau ketika sekitar 50% pelanggan telah mengalami *churn* [13]. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan RMST dan *Median Survival Time*

<i>Internet Service</i>	<i>Records</i>	<i>Events</i>	RMST	SERMST	<i>Median Survival Time</i>
DSL	2416	459	58.9053	0.5516	NA
<i>Fiber Optic</i>	3096	1297	47.0400	0.5412	65

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa jumlah pelanggan DSL sebanyak 2416 dengan 459 data yang mengalami *churn* sedangkan jumlah pelanggan *fiber optic* sebanyak 3096 dengan 1297 data yang mengalami *churn*. RMST DSL sebesar 58,9053 dengan *Standar Error* (SE) RMST sebesar 0,5516 yang artinya rata-rata lama peluang pelanggan DSL bertahan sampai batas waktu pengamatan sebesar 58,91 bulan. Sedangkan RSMT *fiber optic* sebesar 47.0400 dengan *Standar Error* (SE) RMST sebesar 0.54112 yang artinya rata-rata lama peluang pelanggan *fiber optic* bertahan sampai batas waktu pengamatan sebesar 47.04 bulan. Hal ini sejalan dengan grafik yang ditampilkan pada Gambar 1, yaitu grafik DSL yang berada di atas grafik *fiber optic* yang menunjukkan peluang ketahanan pelanggannya yang lebih lama. Selain itu, juga diketahui bahwa *median survival time* atau waktu ketika 50% pelanggan *fiber optic* sudah mengalami *churn* adalah sekitar 65 bulan. Berbeda dengan pelanggan *fiber optic*, *median survival* pelanggan DSL tidak bisa dihitung karena sampai batas waktu pengamatan, belum sampai 50% pelanggan DSL yang mengalami *churn*.

Kemudian, juga dilakukan uji log-rank dengan derajat bebas 1, $\alpha = 0,025$, dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Log-Rank

<i>Internet Service</i>	<i>Events</i>	<i>Expected</i>	$(O - E)^2 / V$
DSL	459	769	227
<i>Fiber Optic</i>	1297	987	227
<i>p-value</i>	2×10^{-16}		
χ^2	5.0239		

Pada uji log-rank, nilai *Expected* menyatakan jumlah kejadian *churn* yang diharapkan terjadi pada masing-masing kelompok apabila tidak terdapat perbedaan fungsi survival antara pelanggan DSL dan *Fiber Optic*. Nilai tersebut dihitung berdasarkan proporsi jumlah pelanggan yang masih berisiko mengalami *churn* pada setiap waktu kejadian terhadap total pelanggan yang berisiko pada seluruh kelompok.

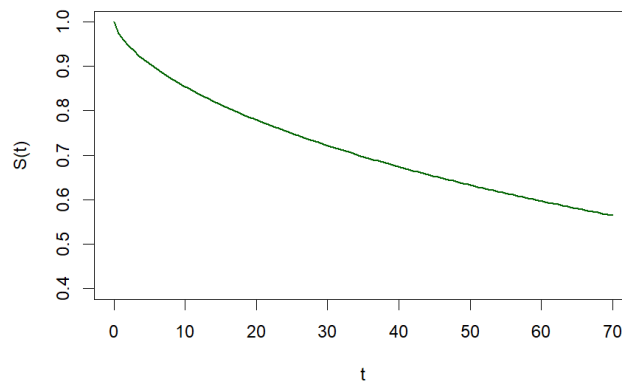
$$E_i = \sum_j \frac{Y_{ij}}{Y_j} dj,$$

dengan Y_{ij} menyatakan banyaknya pelanggan berisiko pada kelompok ke- i di waktu j , Y_j adalah jumlah pelanggan berisiko, dan d_j merupakan jumlah kejadian pada waktu j [13].

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa jumlah kejadian *churn* yang diamati pada pelanggan DSL jauh lebih kecil yaitu sebesar 459 daripada nilai yang diharapkan yaitu 769 yang menunjukkan bahwa pelanggan DSL memiliki tingkat ketahanan yang lebih tinggi. Sebaliknya, pelanggan *Fiber Optic* mengalami jumlah *churn* yang jauh lebih besar yaitu 1297 dibandingkan yang diharapkan yaitu 987 sehingga peluang ketahanan berlangganannya lebih rendah. Selain itu, juga diketahui bahwa nilai *chi-square table* atau ukuran deviasi yang sudah distandarisasi dengan varians dari uji log-rank sebesar 227, seperti yang ditunjukkan pada kolom $(O - E)^2/V$, *p-value* sebesar 2×10^{-16} , dan nilai *chi-square* sebesar 5,0239. Karena *p-value* jauh lebih kecil daripada nilai α maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara peluang ketahanan pelanggan DSL dan *Fiber Optic*. Temuan ini didukung oleh penelitian Rahman dkk [14] yang juga menggunakan uji log-rank untuk membandingkan survival antar kelompok pelanggan dan menemukan adanya perbedaan signifikan dalam pola *churn*. Hal ini menunjukkan bahwa uji log-rank dapat diterapkan secara efektif dalam konteks analisis survival pelanggan telekomunikasi.

3.2. Penerapan Model Weibull

Penerapan model Weibull pada data pelanggan telekomunikasi dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Grafik fungsi survival model Weibull pada keseluruhan pelanggan telekomunikasi berdasarkan waktu bertahan pelanggan t dalam satuan bulan

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa seiring waktu berjalan, kurva semakin menurun secara perlahan yang menunjukkan bahwa peluang ketahanan berlangganannya semakin berkurang. Penurunan kurva survival pada awal grafik terlihat lebih curam menandakan *churn* lebih banyak terjadi pada fase awal. Namun, setelah melewati sekitar $t = 20$ sampai 30 dalam satuan bulan, kurva mulai landai dan turun lebih lambat yang menunjukkan bahwa pelanggan bertahan lebih lama cenderung semakin kecil kemungkinannya untuk *churn*.

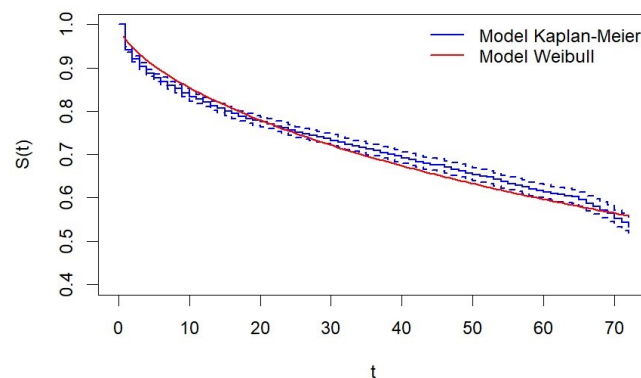
Kemudian, juga dilakukan perhitungan parameter *scale* (λ), *shape* (k), dan *median survival time* yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Model Weibull

Komponen	Value
<i>Intercept</i>	5.0921
<i>Scale</i> (λ)	162.7328

<i>Shape (k)</i>	0.6624
<i>Median Survival Time</i>	93.5823

Pemodelan menggunakan model Weibull pada keseluruhan pelanggan telekomunikasi menghasilkan *intercept* sebesar 5,0921, yang setelah ditransformasi menghasilkan parameter *scale* (λ) sebesar 162.7328 dan parameter *shape* (k) sebesar 0.6624. Nilai $k < 1$ menunjukkan bahwa peluang pelanggan secara keseluruhan bertahan meningkat seiring waktu artinya pelanggan baru lebih rentan *churn* tetapi pelanggan yang telah melalui masa awal berlangganan cenderung semakin stabil. Nilai $\lambda = 162.7328$ mewakili skala waktu ketahanan pelanggan, yaitu semakin besar nilai λ rata-rata bertahan pelanggan semakin lama. *Median survival time* diketahui sebesar 93.5823 dalam satuan bulan menunjukkan bahwa 50% seluruh pelanggan telah *churn*. Secara keseluruhan, model Weibull memberikan gambaran bahwa masa awal berlangganan adalah fase paling kritis, namun bila pelanggan melewati periode tersebut, peluang bertahan berlangganan meningkat dan peluang ketahanan pelanggan menjadi lebih kuat seiring waktu. Selain itu, juga dilakukan analisis kesesuaian kurva model Weibull dengan kurva model Kaplan-Meier pada data dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik kesesuaian model Weibull terhadap Kaplan-Meier pada data pelanggan telekomunikasi

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa model Weibull mampu merepresentasikan pola ketahanan hidup pelanggan dengan tingkat kecocokan yang cukup baik jika dibandingkan dengan kurva survival model Kaplan-Meier, dengan t menyatakan lama pelanggan berlangganan dalam satuan bulan. Hal ini berdasarkan pada pengamatan bahwa grafik model Weibull memiliki pola dan kecenderungan yang sama dengan model Kaplan-Meier bahkan hampir berhimpit [15]. Pada tahap awal, kurva model Weibull sedikit berada di bawah kurva Kaplan-Meier yang menunjukkan estimasi peluang bertahan hidup lebih rendah dibandingkan data empiris meskipun selisihnya tidak signifikan. Memasuki periode pertengahan, kedua kurva hampir berhimpit sehingga menegaskan kesesuaian model yang kuat. Adapun pada fase akhir, kurva Kaplan-Meier menurun lebih tajam sedangkan kurva model Weibull menunjukkan penurunan yang lebih halus sesuai karakteristik model parametrik. Secara keseluruhan, pola keduanya sejalan sehingga model Weibull dapat dianggap layak dan representatif dalam menggambarkan pola ketahanan pelanggan telekomunikasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, model Kaplan-Meier menunjukkan bahwa pelanggan DSL memiliki peluang berlangganan lebih lama dibandingkan pelanggan *Fiber Optic*. Hal ini ditunjukkan oleh kurva survival pelanggan DSL yang konsisten berada di atas kurva *Fiber Optic* serta nilai RMST yang lebih besar, yaitu 58.91 bulan untuk DSL dan 47.04 bulan untuk

Fiber Optic. Uji log-rank menghasilkan p -value sebesar 2×10^{-16} yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara peluang bertahan pelanggan DSL dan *Fiber Optic*.

Pemodelan menggunakan model Weibull menunjukkan bahwa pola survival pelanggan cenderung menurun seiring bertambahnya waktu. Parameter *shape* (k) sebesar 0.6624 mengindikasikan risiko *churn* lebih tinggi pada masa awal berlangganan dan menurun seiring bertambahnya waktu. Selain itu, *median survival time* Weibull sebesar 93.58 bulan menunjukkan bahwa secara parametrik, sekitar 50% pelanggan diperkirakan telah mengalami *churn* pada waktu tersebut. Secara keseluruhan, penerapan model Kaplan-Meier, Weibull, dan uji log-rank mampu memberikan gambaran pola survival pelanggan telekomunikasi serta kecenderungan *churn* pelanggan berdasarkan jenis layanan internet.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada UNS yang telah mendanai penelitian ini melalui Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Dana non Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) Universitas Sebelas Maret Tahun anggaran 2025 nomor 462/UN27.22/PT.01.03/2026.

Daftar Pustaka

- [1] E. L. Kaplan and P. Meier, "Nonparametric Estimation from Incomplete Observations", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 53, pp. 457-481, 1958.
- [2] W. Weibull, "A Statistical Distribution Function of Wide Applicability", *Journal of Applied Mechanics*, vol. 18, pp. 293-297, 1951.
- [3] Mantel, "Evaluation of Survival Data and Two New Rank Order Statistics Arising in Its Consideration", *Cancer Chemotherapy Reports*, vol. 50, pp. 163-170, 1966.
- [4] N. H. Hasa, M. N. Bustan, dan Aswi, "Analisis Bayesian Survival Weibull untuk Menentukan Faktor yang Mempengaruhi Laju Kesembuhan Pasien Rawat Inap Kanker Serviks di RSUD Kota Makassar", *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, vol. 4, no. 1, pp. 1-8, 2022.
- [5] W. Hariadi dan Sulantari, "Analisis Survival Lama Waktu Sembuh Pasien Covid-19 dengan Metode Kaplan-Meier dan Log-Rank di Kabupaten Jember", *Transformasi: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*, vol. 5, pp. 415-425, 2021.
- [6] H. Rahman, R. P. Afrianto, F. Mohammad, D. A. T. Azhar, and R. A. Ningrum, "IBM Telco Customer Churn Prediction with Survival Analysis", in *Proceedings of the International Conference on Advanced Technology and Multidiscipline (ICATAM)*, pp. 386-412, 2024.
- [7] F. A. Ferdinand, G. D. Haryadi, dan N. Iskandar, "Analisis Keandalan Komponen Kritis Menggunakan Metode Weibull dan Fault Tree Analysis pada Hydraulic Axial Pump Berkapasitas 350 LPS", *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 1 – 6, 2023.
- [8] F. A. R. Arifin, B. D. Prihadianto, Sugiyanto, dan I. Bahiuddin, "Penerapan Metode Weibull pada Penentuan Umur dan Keandalan Ripper Tip Bulldozer Caterpillar Tipe D10T", *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 12, no. 1, pp. 1 – 8, 2024.

- [9] T. J. Gerpott, W. Rams, and A. Schindler, “Customer Retention, Loyalty, and Satisfaction in the German Mobile Cellular Telecommunications Market”, *Telecommunications Policy*, vol. 25, no. 4, pp. 249–269, 2001.
- [10] Novianti, Suyitno, and M. Siringoringo, “Model Geographically Weighted Weibull Regression dengan Kriteria Penentuan Bandwidth Optimum Akaike Information Criterion (Studi Kasus: Indikator Pencemaran Air Biochemical Oxygen Demand di Daerah Hutan Tropis Lembab DAS Mahakam Tahun 2019)”, *Jurnal EKSPONENSIAL*, vol. 12, no. 2, November 20.
- [11] J. P. Klein and M. L. Moeschberger, *Survival Analysis: Techniques for Censored and Truncated Data*, 2nd ed. New York: Springer, 2005.
- [12] T. G. Clark, M. J. Bradburn, S. B. Love, and D. G. Altman, “Survival Analysis Part I: Basic Concepts and First Analyses”, *British Journal of Cancer*, vol. 89, pp. 232–238, 2003.
- [13] D. G. Kleinbaum and M. Klein, *Survival Analysis: A Self-Learning Text*, 3rd ed. New York: Springer, 2012.
- [14] M. Sukarma dan M. P. Anggraini, “Analisis Kurva Survival Kaplan Meier Pada Pasien Penyakit Jantung Koroner (PJK) dengan Dua Treatment Menggunakan Uji Log Rank”, *Indonesian Council of Premier Statistical Science*, vol, 2, no. 1, pp. 25–31. 2023.
- [15] Z. Zhang, “Parametric Regression Model for Survival Data: Weibull Regression Model as an Example”, *Annals of Translational Medicine*, vol. 4, no. 24, p. 484, 2016.