



Analisa *survival* untuk mengurangi *customer churn* pada perusahaan telekomunikasi

Faula Arina*, Maria Ulfah

Jurusan Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jend. Sudirman KM 3, Cilegon 42435, Banten, Indonesia

ARTICLE INFO

Keywords:

Analisa survival
Customer churn
Telekomunikasi

ABSTRACT

Banyak perusahaan telekomunikasi di Indonesia membuat pelanggan yang telah berlangganan melakukan *churn*. *Churn* adalah pindahnya pelanggan dari satu *provider* ke *provider* lainnya. Perusahaan lebih memutuskan mempertahankan pelanggan, karena dibutuhkan biaya lebih sedikit daripada mencari pelanggan baru. Untuk mengurangi *churn*, maka penelitian ini akan memodelkan waktu *survival*. Metode yang digunakan adalah analisis *survival* dengan model regresi Cox. Hasil analisis *survival* diperoleh faktor faktor yang cenderung mempengaruhi pelanggan telekomunikasi bertahan di satu *provider* adalah status pernikahan, lama tinggal di alamat sekarang, dan pengalaman bekerja. Dari 1000 pelanggan telekomunikasi status menikah 49,5% sisanya tidak menikah. Pelanggan telekomunikasi status menikah memiliki resiko *churn* 0,6409 kali lebih kecil dari pada pelanggan komunikasi yang tidak menikah. Lama tinggal di alamat sekarang berpengaruh sebesar 0,9405 dan pengalaman kerja berpengaruh sebesar 0,9195 terhadap laju ketahanan hidup pelanggan telekomunikasi.

1. Pendahuluan

Perusahaan telekomunikasi semakin berkembang di Indonesia. Banyaknya perusahaan telekomunikasi berbanding lurus dengan banyaknya pengguna layanan internet dan telekomunikasi. Perusahaan telekomunikasi berbasis *fixed broadband* saat ini Indonesia terdiri dari Telkom dengan produk Indihome, XL Axiata dengan produk XL Home, MNC dengan produk MNC Play, First Media Tbk dengan produk first media, MyRepublic Limited dengan produk MyRepublic dan lain-lain. Perusahaan semakin banyak membuat persaingan antar perusahaan telekomunikasi semakin ketat dan semakin sulit mendapatkan pelanggan.

Banyak perusahaan telekomunikasi di Indonesia membuat pelanggan yang telah berlangganan melakukan *churn*. *Churn* adalah pemutusan jasa suatu perusahaan oleh pelanggan karena pelanggan tersebut lebih memilih menggunakan pelayanan jasa perusahaan kompetitor. Tingginya persentase *customer churn* adalah salah satu indikator tingkat kegagalan perusahaan, maka perlu dilakukan pengurangan pada persentase *churn* tersebut [1]. Perusahaan lebih memilih untuk mempertahankan *customer*, karena dibutuhkan biaya yang lebih sedikit daripada menambah *customer* yang baru [2], [3].

Perusahaan telekomunikasi dalam mempertahankan pelanggannya agar tidak melakukan *churn* dengan memberikan insentif retensi terhadap pelanggan [4], [5]. Insentif retensi terdiri dari berbagai macam seperti memberikan potongan harga, memberikan paket layanan yang menarik, memberikan prioritas pelayanan dan lain-lain [6], [7]. Namun, kebijakan pemberian insentif retensi belum dilakukan secara efektif [8], [9].

Oleh karena itu perlu diketahui faktor-faktor apa saja yang cenderung mempengaruhi pelanggan bertahan. Analisis ini disebut analisis *survival*. Analisis *survival* berfokus pada penelitian awal dengan variabel waktu berlanjut pada tahap

berikutnya sampai suatu kejadian [10], [11]. Kejadian merupakan peristiwa yang menjadi fokus penelitian seperti: kematian, kesembuhan, terjangkitnya suatu penyakit, *churn* atau kejadian menarik yang terjadi pada objek penelitian [12], [13].

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan *customer churn* menggunakan regresi logistik [14], [15], [16], [17]. Analisis *churn* menggunakan cluster dan prediksi dilakukan oleh [18], [19], [20], [21]. Penelitian sebelumnya yang menggunakan analisis *survival* regresi Cox adalah sering dipakai di medis [22], [23]. Penelitian sebelumnya yang membahas *customer churn* menggunakan regresi Cox dengan aplikasi *software* SAS [24], [25], [26].

Penelitian ini membahas *customer churn* menggunakan regresi Cox dengan aplikasi *software* R 4.1.2. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi ketahanan pelanggan telekomunikasi. Model regresi Cox digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi *churn rate* pada industri telekomunikasi. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai landasan bagi perusahaan telekomunikasi dalam mengambil kebijakan yang berhubungan dengan ketahanan dan loyalitas pelanggan untuk menikmati jasa perusahaan telekomunikasi.

2. Metode dan material

Penelitian ini menggunakan data sekunder *telco.sav*. Variabel dependen (*Y*) yaitu *churn* yang memiliki nilai 0 untuk pelanggan yang tidak berpindah, dan 1 sebaliknya. Variabel waktu adalah tenor layanan (bulan) dan lama waktu bertahan hidup pelanggan. Sedangkan yang menjadi variabel independen (*X*) adalah umur (tahun), status perkawinan (0= tidak dan 1= ya), alamat (lama tinggal sekarang, tahun), pengalaman kerja (tahun), pensiun (0= tidak, 1=ya), jenis kelamin (0 = laki-laki dan 1= perempuan), jumlah orang di rumah, dan kategori

* Corresponding author.
Email: arina@untirta.ac.id

Received: 26 February 2022; Revision: 24 May 2022;
Accepted: 25 May 2022; Available online: 11 June 2022
<http://dx.doi.org/10.36055/jiss.v8i1.14313>



customer (1 = basic, 2 = E-service, 3 = plus service, 4 = total service).

Adapun langkah-langkah analisis dalam penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian asumsi *proportional hazard*. Asumsi *proportional hazard* terpenuhi apabila garis antara kategori sejajar. Asumsi *proportional hazard* terpenuhi apabila kurva survival pengamatan (*observed*) dan prediksi (*expected*) berdekatan (hampir berhimpit ataupun tidak berpotongan).

Langkah selanjutnya adalah membentuk model regresi cox *proportional hazard*. Fungsi *survival* digunakan untuk menyatakan probabilitas suatu individu bertahan dari waktu mula-mula sampai waktu *t*. Bentuk umum regresi Cox *proportional hazard* menurut [27] dinyatakan pada persamaan (1).

$$h(t) = h_0(t) \exp(\beta_1 X_1(t) + \dots + \beta_p X_p(t)) \tag{1}$$

Pengujian signifikansi parameter digunakan untuk mengetahui apakah variabel independen berpengaruh nyata terhadap waktu kejadian atau tidak. Pengujian signifikansi yang dilakukan adalah uji secara simultan dan uji parsial.

Pengujian secara serentak dilakukan menggunakan uji *partial likelihood ratio*. Hipotesis yang digunakan adalah $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$, yang memiliki arti bahwa secara simultan variabel independen tidak berpengaruh terhadap waktu *survival*. Hipotesis tandingan adalah H_1 : Minimal ada salah satu $\beta_j \neq 0$, dimana $j = 1, 2, \dots, p$. Hipotesis tandingan memiliki arti minimal ada salah satu variabel independen berpengaruh terhadap waktu *survival*. Tingkat signifikansi α adalah 0,05. Uji parsial ini dilakukan menggunakan statistik nilai *G* seperti pada persamaan (2), di mana H_0 ditolak jika *p-value* kurang dari 0,05.

$$G = -2[\ln L_R - \ln L_f] \tag{2}$$

Uji parsial bertujuan untuk mengetahui variabel independen yang berpengaruh secara nyata. Uji parsial dilakukan menggunakan uji Wald. Hipotesis nol dari uji parsial adalah seluruh variabel bebas tidak berpengaruh terhadap waktu *survival*. Hipotesis tandingannya adalah ada variabel bebas yang berpengaruh terhadap waktu *survival*. Statistik yang digunakan diformulasikan pada persamaan (3).

$$Z = \frac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)} \tag{3}$$

Nilai $\exp(\beta_p X_p(t))$ adalah hazards pada saat *t* bagi amatan dengan variabel independen *X* relatif terhadap hazards amatan dengan variabel independen bernilai nol. Misalkan $X = 1$ untuk variabel yang diberi perlakuan dan $X = 0$ untuk variabel yang tidak diberi perlakuan. Dari model regresi Cox diatas dapat dijelaskan bahwaresiko kegagalan dari variabel yang diberi perlakuan akan sebesar $\exp(\beta)$ kali dari variabel yang tidak diberi perlakuan. Apabila $h(t|X_1)$ dan $h(t|X_2)$ adalah fungsi hazard dari dua individu dengan X_1 dan X_1^* masing-masing adalah variabel independen yang berhubungan maka rasio tingkat hazardnya menurut [28] diformulasikan pada persamaan (4).

$$\frac{h(t|X_1^*)}{h(t|X_1)} = \exp[\beta_1(X_1^* - X_1)] \tag{4}$$

Rasio tingkat hazards dari dua fungsi tersebut bersifat proporsional. Jika rasio pada persamaan bernilai 2 pada titik tertentu, maka resiko kegagalan individu pertama dua kali lebih

besar daripada individu kedua. Berikut ini tahapan analisis yang dilakukan.

1. Statistik deskriptif data konsumen telekomunikasi.
2. Pengujian asumsi *proportional hazard*.
3. Regresi cox Pengolahan menggunakan program aplikasi R 4.1.2 hingga diperoleh model awal persamaan regresi Cox.
4. Seleksi model sehingga diperoleh model yang terbaik
5. Interpretasi hasil regresi Cox menggunakan rasio tingkat *hazard*.

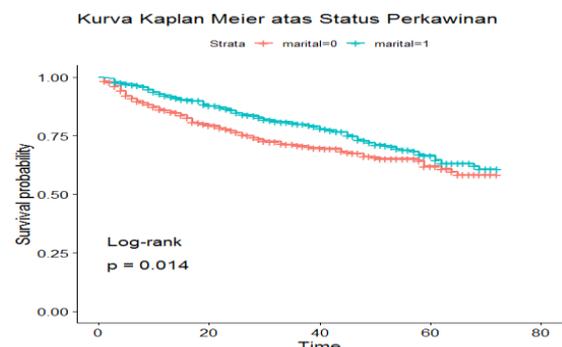
3. Hasil dan pembahasan

Penelitian menggunakan data telco.sav dengan jumlah data 1000. Tabel 1 menunjukkan statistik deskriptif dari 8 variabel independen dan yang mengalami *churn* dan tidak. Pengecekan asumsi *proportional hazard* dilakukan menggunakan kurva *survival*. Kurva *survival* memberikan representasi visual dari model yang diprediksi waktu untuk *churn customer*. Sumbu horizontal menunjukkan waktu kejadian (bulan). Dalam plot ini, penurunan kurva *survival* terjadi setiap kali terjadi *churn*. Sumbu vertikal menunjukkan probabilitas bertahan hidup atau persentase *customer* yang masih bertahan atau bebas dari *churn*.

Gambar 1 menunjukkan efek dari status perkawinan terhadap ketahanan hidup pelanggan telekomunikasi. Status tidak menikah memiliki kurva ketahanan hidup yang lebih rendah. Pada kurva survival jika garis pada kurva tidak saling berpotongan membentuk garis yang sejajar berarti asumsi *proportional hazard* terpenuhi. Semua variabel independen di plot yang hasilnya ada pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik deskriptif variabel

Variabel	Jenis	Churn	
		ya	tidak
Umur	tahun	274	726
Kawin	1	127	368
	0	147	358
Alamat	tahun	274	726
Kerja	tahun	274	726
	0	3	44
Pensiun	1	271	682
	0	131	352
Gender	1	143	374
	0	143	374
Orang di RT	orang	274	726
	1	83	183
Kategori	2	59	158
	3	44	237
	4	88	148



Gambar 1. Kurva ketahanan hidup pada status perkawinan

Tabel 2.
Hasil uji asumsi proporsional hazard

Variabel	p-value	Proportional hazard
Umur	0,0001	Memenuhi
Status perkawinan	0,0140	Memenuhi
Alamat	0,0001	Memenuhi
Pengalaman kerja	0,0001	Memenuhi
Pensiun	0,0021	Memenuhi
Jenis kelamin	0,9700	Tidak memenuhi
Juml orang di rumah	0,4600	Tidak memenuhi
Kategori konsumen	0,0001	Memenuhi

Tabel 3.
Hasil uji serentak regresi Cox

Uji	Hasil	df	P-value
Likelihood ratio test	248,1	8	<2e-16
Wald test	174,7	8	<2e-16
Score (logrank) test	197,6	8	<2e-1

Tabel 4.
Hasil uji secara parsial

Variabel	Koefisien	Exp(Coef)	SE	Z	Pr(> z)
Umur	-0,0019	0,9980	0,0083	-0,236	0,8136
Kawin	-0,3361	0,7145	0,1613	-2,083	0,0372
Alamat	-0,0606	0,9412	0,0101	-6,024	1,70e-09
Kerja	-0,0825	0,9208	0,0112	-7,389	1,48e-13
Pensiun	-0,4681	0,6261	0,6099	-0,768	0,4428
Gender	-0,0107	0,9894	0,1213	-0,088	0,9298
Orang di RT	-0,0595	0,9422	0,0579	-1,029	0,3036
Kategori customer	-0,0225	0,9778	0,0562	-0,400	0,6892

Tabel 5.
Model terbaik pada uji serentak regresi Cox

Uji	Hasil	df	P-value
Likelihood ratio test	245,9	3	<2e-16
Wald test	174,1	3	<2e-16
Score (logrank) test	188,4	3	<2e-16

Tabel 6.
Model terbaik pada uji secara parsial

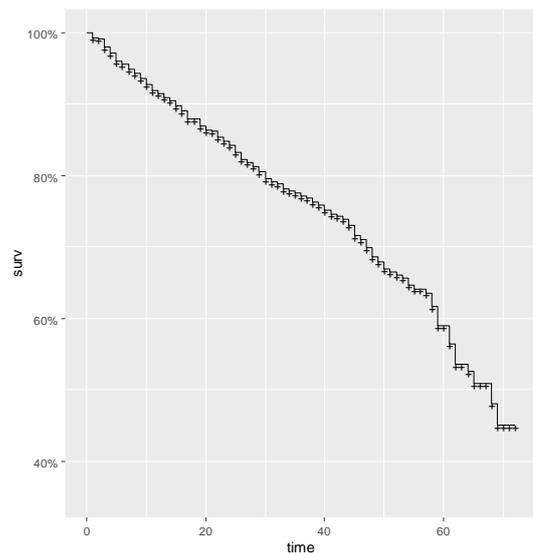
Variabel	Koefisien	Z	Pr(> z)
Kawin (X ₁)	-0,4449	-3,645	0,0003
Alamat (X ₂)	-0,0613	-7,133	9,84e-13
Kerja (X ₃)	-0,0839	-8,600	<2e-16

Hasil regresi Cox secara parsial dari program aplikasi R 4.1.2 disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan uji secara parsial menggunakan uji Z diperoleh variabel yang signifikan adalah status perkawinan, alamat dan pengalaman bekerja karena pvalue < 0,05. Langkah selanjutnya menentukan model terbaik menggunakan metode *stepwise*. Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan dari ketiga uji *likelihood ratio test*, uji Wald dan uji logrank adalah signifikan karena pvalue < 0, 05 berarti secara serentak memenuhi regresi Cox. Tabel 6 menunjukkan model terbaik karena semua variabel independen signifikan. Uji secara parsial menggunakan uji Z diperoleh variabel yang signifikan adalah status perkawinan, alamat dan pengalaman bekerja karena p-value < 0,05.

Variabel status perkawinan (X₁) berpengaruh pada ketahanan hidup konsumen telekomunikasi secara signifikan dengan nilai p value 0,0003 yang kurang dari 0,05. Koefisien (X₁) sebesar -0,4449 bernilai negatif menunjukkan bahwa pelanggan yang menikah memiliki resiko churn 0,6409 kali lebih kecil daripada pelanggan yang belum menikah.

Uji *log rank* merupakan metode yang digunakan untuk membandingkan dua atau lebih kurva *survival*. Semua variabel independen diuji *log rank* sehingga diperoleh Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan ada perbedaan signifikan berdasarkan dengan uji *log rank* dengan p-value < 0,05. Hal ini berarti variabel umur, status perkawinan, alamat, pengalaman kerja, pensiun dan kategori konsumen dapat memenuhi asumsi regresi Cox *proportional hazard* dan dapat digunakan dalam model.

Prosedur regresi Cox berguna untuk memodelkan waktu ke kejadian *churn*. Berdasarkan nilai variabel independen yang diberikan. Satu atau lebih variabel independen digunakan untuk memprediksi status (peristiwa) *churn*. Keluaran statistik utama adalah rasio *hazard*. Mirip dengan regresi logistik, tetapi regresi Cox menilai hubungan antara waktu ketahanan hidup dan variabel independen. Pengujian secara serentak dilakukan menggunakan uji *partial likelihood ratio*. Berdasarkan uji serentak pada Tabel 3 menunjukkan dari ketiga uji *likelihood ratio test*, uji Wald dan uji *log rank* adalah signifikan karena p-value < 0, 05. Hal ini berarti secara serentak memenuhi regresi Cox.



Gambar 2. Median *survival* berdasarkan model terbaik

Variabel alamat (X₂) berpengaruh pada ketahanan hidup konsumen telekomunikasi secara signifikan dengan nilai p-value 9,84e-13 yang kurang dari 0,05. Koefisien (X₂) sebesar -0,0613 bernilai negatif menunjukkan bahwa resiko pelanggan telekomunikasi dengan tinggal di alamat sekarang yang lebih lama satu tahun cenderung memiliki laju bertahan hidup lebih lama dan berpengaruh sebesar 0,9405 terhadap ketahanan hidup pelanggan telekomunikasi. Variabel pengalaman kerja (X₃) berpengaruh pada ketahanan hidup konsumen telekomunikasi secara signifikan dengan nilai p-value < 2e-16 yang kurang dari 0,05. Koefisien (X₃) sebesar -0,0839 bernilai negatif menunjukkan bahwa resiko pelanggan dengan pengalaman bekerja yang lebih lama satu tahun berpengaruh

sebesar 0,9195 terhadap ketahanan hidup pelanggan telekomunikasi. Median *survival* merupakan waktu dimana 50% pelanggan telekomunikasi mengalami *churn* berdasarkan model terbaik regresi Cox. Gambar 2 menunjukkan 50% pelanggan telekomunikasi mengalami *churn* pada periode 68 bulan.

4. Kesimpulan

Faktor-faktor yang berpengaruh pada ketahanan hidup pelanggan telekomunikasi adalah status perkawinan, alamat dan pengalaman kerja. Pelanggan telekomunikasi status menikah memiliki resiko *churn* 0,6409 kali lebih kecil dari pada pelanggan komunikasi yang tidak menikah. Lama tinggal di alamat sekarang berpengaruh sebesar 0,9405 dan pengalaman kerja berpengaruh sebesar 0,9195 terhadap ketahanan hidup pelanggan telekomunikasi.

Acknowledgement

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada para penelaah yang telah memberikan banyak masukan untuk kesempurnaan artikel ini.

References

- [1] N. W. Wardani and N. K. Ariasih, "Analisa komparasi algoritma decision tree c4.5 dan naïve bayes untuk prediksi churn berdasarkan kelas pelanggan retail," *Int. J. Nat. Sci. Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 103–112, Dec. 2019, doi: 10.23887/IJNSE.V3I3.23113.
- [2] M. Arifin, "IG-KNN untuk prediksi customer churn telekomunikasi," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, Apr. 2015, doi: 10.24176/SIMET.V6I1.230.
- [3] H. N. Irmanda, R. Astriratma, and S. Afrizal, "Perbandingan metode jaringan syaraf tiruan dan pohon keputusan untuk prediksi churn," *JSI J. Sist. Inf.*, vol. 11, no. 2, Oct. 2019, doi: 10.36706/JSIV11I2.9286.
- [4] Y. Tri Utami, D. Asiah Shofiana, Y. Heningtyas, "Penerapan algoritma C4.5 untuk prediksi churn rate pengguna jasa telekomunikasi," *J. komputasi*, vol. 8, no. 2, pp. 69–76, Oct. 2020, doi: 10.23960/KOMPUTASI.V8I2.2647.
- [5] S. Al-Janabi and F. Razaq, "Intelligent big data analysis to design smart predictor for customer churn in telecommunication industry," *SBD*, vol. 53, pp. 246–272, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-12048-1_26.
- [6] Y. Zhang, S. He, S. Li, and J. Chen, "Intra-operator customer churn in telecommunications: A systematic perspective," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 69, no. 1, pp. 948–957, Jan. 2020, doi: 10.1109/TVT.2019.2953605.
- [7] I. Ullah, B. Raza, A. K. Malik, M. Imran, S. U. Islam, and S. W. Kim, "A churn prediction model using random forest: analysis of machine learning techniques for churn prediction and factor identification in telecom sector," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 60134–60149, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2914999.
- [8] H. Jain, A. Khunteta, and S. Srivastava, "Telecom churn prediction and used techniques, datasets and performance measures: a review," *Telecommun. Syst.*, vol. 76, no. 4, pp. 613–630, Apr. 2021, doi: 10.1007/S11235-020-00727-0/TABLES/4.
- [9] M. P. Bach, J. Pivar, and B. Jaković, "Churn Management in Telecommunications: Hybrid Approach Using Cluster Analysis and Decision Trees," *J. Risk Financ. Manag.* 2021, Vol. 14, Page 544, vol. 14, no. 11, p. 544, Nov. 2021, doi: 10.3390/JRFM14110544.
- [10] A. Amin, F. Al-Obeidat, B. Shah, A. Adnan, J. Loo, and S. Anwar, "Customer churn prediction in telecommunication industry using data certainty," *J. Bus. Res.*, vol. 94, pp. 290–301, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.JBUSRES.2018.03.003.
- [11] J. Pamina, J. Beschi Raja, S. Sam Peter, S. Soundarya, S. Sathya Bama, and M. S. Sruthi, "Inferring machine learning based parameter estimation for telecom churn prediction," *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1108 AISC, pp. 257–267, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-37218-7_30/FIGURES/8.
- [12] H. Jain, A. Khunteta, and S. Srivastava, "Churn Prediction in Telecommunication using Logistic Regression and Logit Boost," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 167, pp. 101–112, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.PROCS.2020.03.187.
- [13] D. G. Kleinbaum and M. Klein, *Survival Analysis: A Self Learning Text*, 3rd ed. New York: Springer, 2012.
- [14] E. Stripling, S. Vanden Broucke, K. Antonio, B. Baesens, and M. Snoeck, "Profit maximizing logistic regression modeling for customer churn prediction," *Proc. 2015 IEEE Int. Conf. Data Sci. Adv. Anal. DSAA 2015*, Dec. 2015, doi: 10.1109/DSAA.2015.7344874.
- [15] S. Bharadwaj, B. S. Anil, A. Pahargarh, A. Pahargarh, P. S. Gowra, and S. Kumar, "Customer Churn Prediction in Mobile Networks using Logistic Regression and Multilayer Perceptron(MLP)," *Proc. 2nd Int. Conf. Green Comput. Internet Things, ICGCIOT 2018*, pp. 436–438, Aug. 2018, doi: 10.1109/ICGCIOT.2018.8752982.
- [16] P. K. Dalvi, S. K. Khandge, A. Deomore, A. Bankar, and V. A. Kanade, "Analysis of customer churn prediction in telecom industry using decision trees and logistic regression," *2016 Symp. Colossal Data Anal. Networking, CDAN 2016*, Sep. 2016, doi: 10.1109/CDAN.2016.7570883.
- [17] A. De Caigny, K. Coussement, and K. W. De Bock, "A new hybrid classification algorithm for customer churn prediction based on logistic regression and decision trees," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 269, no. 2, pp. 760–772, Sep. 2018, doi: 10.1016/J.EJOR.2018.02.009.
- [18] R. Govindaraju, T. Simatupang, and T. A. Samadhi, "Perancangan Sistem Prediksi Churn Pelanggan," *Tek. Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 33–42, 2008.
- [19] W. Bi, M. Cai, M. Liu, and G. Li, "A Big Data Clustering Algorithm for Mitigating the Risk of Customer Churn," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 12, no. 3, pp. 1270–1281, Jun. 2016, doi: 10.1109/TII.2016.2547584.
- [20] E. Sivasankar and J. Vijaya, "Hybrid PPFCM-ANN model: an efficient system for customer churn prediction through probabilistic possibilistic fuzzy clustering and artificial neural network," *Neural Comput. Appl.*, vol. 31, no. 11, pp. 7181–7200, Nov. 2019, doi: 10.1007/S00521-018-3548-4/TABLES/14.
- [21] S. Hu, P. Chen, and X. Chen, "Do personalized economic incentives work in promoting shared mobility? Examining customer churn using a time-varying Cox model," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 128, p. 103224, Jul. 2021, doi: 10.1016/J.TRC.2021.103224.
- [22] H. H. Dukalang, "Analisis regresi Cox proportional hazard pada pemodelan waktu tunggu mendapatkan pekerjaan," *Jambura J. Math.*, vol. 1, no. 1, pp. 36–42, Jan. 2019, doi: 10.34312/JJOM.V1I1.1744.
- [23] T. Hanni and T. Wuryandari, "Model regresi Cox proporsional hazard pada data ketahanan hidup," *MEDIA Stat.*, vol. 6, no. 1, pp. 11–20, Jun. 2013, doi: 10.14710/MEDSTAT.6.1.11-20.
- [24] A. Amin *et al.*, "Customer churn prediction in the telecommunication sector using a rough set approach," *Neurocomputing*, vol. 237, pp. 242–254, May 2017, doi: 10.1016/J.NEUCOM.2016.12.009.
- [25] A. Amin, F. Al-Obeidat, B. Shah, A. Adnan, J. Loo, and S. Anwar, "Customer churn prediction in telecommunication industry using data certainty," *J. Bus. Res.*, vol. 94, pp. 290–301, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.JBUSRES.2018.03.003.
- [26] D. Kong, J. G. Ibrahim, E. Lee, and H. Zhu, "FLCRM: Functional linear cox regression model," *Biometrics*, vol. 74, no. 1, pp. 109–117, Mar. 2018, doi: 10.1111/BIOM.12748.