

Evaluation of Prognosis and Duration of Survival in Breast Cancer Patients Using the *Cox PH Model*

Dela Meliza, Tessa Octavia Mukhti*, Riza Sasmita, Celsy Aprotama dan Rahmat Kurniawan

Departemen Statistika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding author: tessyoctaviam@fmipa.unp.ac.id

Submitted : 01 September 2025

Revised : 01 Desember 2025

Accepted : 04 Desember 2025

ABSTRACT

Breast cancer is the leading cause of cancer-related deaths among women in Indonesia. Late detection and delayed treatment contribute significantly to this high mortality rate, as many patients seek medical care only after reaching advanced stages. Early detection through Breast Self Examination (BSE) and timely intervention can improve survival rates and quality of life. This study aims to evaluate the survival duration and influencing factors for breast cancer patients using clinical and genomic data from the METABRIC dataset, encompassing 1.980 primary breast cancer cases. The study employs survival analysis using Kaplan-Meier curves, Log-rank tests, and Cox proportional hazards regression to analyze the data. Results indicate significant differences in survival rates based on type of surgery and chemotherapy, while age at diagnosis shows no significant effect. The Cox proportional hazards model reveals that patients undergoing mastectomy have a 0.725 lower risk of death compared to those not undergoing the procedure, and patients receiving chemotherapy have a 1.869 higher risk of death. The findings underscore the importance of early and appropriate treatment in improving survival outcomes. This study contributes to the understanding of factors influencing breast cancer survival, aiding in better clinical decision-making and patient management strategies.

Keywords: *Breast Cancer, Cox Regression, Kaplan-Meier, Survival Analysis, Treatment Factors.*



This is an open access article under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2022 by author and Universitas Negeri Padang.

I. PENDAHULUAN

Kanker merupakan salah satu penyebab kematian utama yang berdampak luas di seluruh dunia. Berdasarkan data dari *Global Cancer Observatory* (2020), kanker payudara menempati posisi pertama dalam jumlah kasus baru kanker secara global, dengan sekitar 2,2 juta kasus pada tahun 2020. Di Indonesia, kanker payudara juga menjadi jenis kanker terbanyak dengan jumlah penderita mencapai 65.000 jiwa pada tahun yang sama (Hero, 2021).

Kanker payudara adalah pertumbuhan sel ganas yang dapat berasal dari berbagai jaringan seperti kelenjar, sel epitel, sublobus, jaringan lemak, saraf, dan pembuluh darah. Penyakit ini paling sering ditemukan pada perempuan, khususnya yang berada dalam masa reproduktif, yaitu usia 15-49 tahun (Sihite dkk., 2019). Masa reproduktif ini merupakan periode yang rentan terhadap perkembangan kanker payudara.

Faktor risiko yang mempengaruhi peningkatan kejadian kanker payudara pada perempuan meliputi berbagai aspek, termasuk minimnya wawasan dan pemahaman masyarakat tentang bahaya kanker payudara serta kurangnya kesadaran dalam melakukan pemeriksaan dini. Kondisi ini berkontribusi pada tingginya tingkat insiden kanker payudara (Sihite dkk., 2019).

Penelitian mengenai tingkat pengetahuan masyarakat tentang kanker payudara menunjukkan variasi yang signifikan. Sebagai contoh, sebuah studi melaporkan bahwa dari sejumlah responden, 53 orang memiliki pengetahuan tinggi, sedangkan 47 orang memiliki pengetahuan rendah mengenai kanker payudara (Sihite dkk., 2019). Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa perempuan usia 27-28 tahun sebagian besar memiliki pengetahuan tinggi tentang kanker payudara, dengan persentase mencapai 72,2% (Sihite dkk., 2019).

Analisis survival merupakan metode yang digunakan untuk mempelajari waktu hingga terjadinya suatu peristiwa, seperti kematian atau kekambuhan penyakit. Dalam analisis survival, model *Cox Proportional Hazards* sering digunakan untuk mengkaji hubungan antara variabel bebas dengan waktu survival. Model ini mengasumsikan bahwa rasio *hazard* antara kelompok adalah konstan sepanjang waktu (Samosir dkk., 2024).

Beberapa penelitian telah menggunakan model *Cox Proportional Hazards* untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi survival pasien kanker payudara. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Agustina (2019) menemukan bahwa usia saat terdiagnosis, stadium klinik, dan ukuran tumor merupakan faktor signifikan yang mempengaruhi survival pasien. Penelitian lain oleh Sinaga dkk. (2017) juga menunjukkan bahwa umur saat diagnosis berpengaruh terhadap waktu survival pasien kanker payudara (Samosir dkk., 2024).

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa faktor klinis dan karakteristik pasien memiliki peran penting dalam menentukan peluang survival pasien kanker payudara. Dengan demikian, hasil penelitian yang bervariasi menunjukkan perlunya analisis yang lebih komprehensif untuk mengevaluasi sejauh mana faktor-faktor tertentu memengaruhi hazard pasien.. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh faktor-faktor tertentu terhadap waktu survival kanker payudara menggunakan model *Cox Proportional Hazards*. Parameter yang ditentukan dalam penelitian ini mencakup tiga variabel bebas, yaitu: *Type of breast surgery*, *Chemotherapy*, *Age_at_diagnosis*.

II. METODE PENELITIAN

A. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data yang dipakai didapatkan dari kaggle berasal dari studi *Molecular Taxonomy of Breast Cancer International Consortium* atau METABRIC yang bertujuan untuk mengevaluasi prognosis dan durasi survival pasien kanker payudara berdasarkan data klinis dan genomik. Dataset ini mencakup 1.980 sampel pasien dengan kanker payudara primer, yang berisi informasi klinis, karakteristik tumor, pengobatan, dan ekspresi genetik.

B. Variabel Penelitian

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Deskripsi	Kategori
E : Overall_survival	Status hidup pasien setelah pengamatan dilakukan	0 : Ya 1 : Tidak
T : Overall survival months	Durasi dari waktu intervensi hingga kematian.	Numerik
X1 : Type of breast surgery	Jenis operasi yang dilakukan untuk menangani kanker payudara	0 : MASTECTOMY BREAST 1 : CONSERVING SURGERY
X2 : Chemotherapy	Pasien menerima kemoterapi sebagai bagian dari pengobatan kanker atau tidak	0 = Tidak Menerima Kemoterapi 1 = Menerima Kemoterapi
X3 : Age_at_diagnosis	Usia pasien saat didiagnosis penyakit kanker payudara	0 = < 42 Tahun 1 = ≥ 42 Tahun

C. Teknik Analisis Data

Sebelum melakukan analisis, perlu untuk dilakukan *pre-processing* berupa pengecekan data NA dan data *noise* beserta penanganannya pada data. Data NA adalah data hilang atau data yang tidak tersedia pada suatu dataset, sedangkan data noise dapat diartikan sebagai data yang memiliki gangguan kesalahan/*random error*. Selain itu, pada data penelitian ini juga dilakukan modifikasi variabel numerik menjadi variabel kategorik, agar memudahkan interpretasi dalam analisis serta variabel kategorik mampu melihat perbandingan yang lebih jelas antar kelompok pasien yang terbentuk dari kategori tersebut. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi variabel pada variabel usia saat didiagnosis berupa numerik menjadi variabel dengan 2 kategori yaitu <42 dan ≥ 42.

Penelitian dilakukan dengan beberapa langkah yaitu :

- 1) **Langkah pengumpulan data penelitian**, pada pengumpulan data penelitian terdapat pemilihan variabel yang digunakan dalam penelitian.
 - 2) **Tahap *preprocessing data***, tahapan ini dilaksanakan untuk membuat data mentah menjadi data yang sudah siap untuk dianalisis lebih lanjut.
 - 3) **Langkah analisis data**, dimana pada tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi fungsi survival dan fungsi *hazards*, *log-rank test*, asumsi *proportional hazards* dan pemodelan regresi *cox proportional hazards* serta uji signifikansinya.
- Fungsi Survival, Fungsi Hazard dan Kurva Kaplan Meier Pasien Kanker Payudara**

Dengan memperoleh nilai mean dan median waktu survival serta menerapkan kurva *Kaplan-Meier*, kita dapat mengetahui karakteristik waktu survival pasien kanker payudara. Waktu survival adalah durasi waktu yang dihitung sejak titik awal pengamatan, misalnya sejak diagnosis atau awal pengobatan, hingga terjadinya peristiwa tertentu seperti kematian atau kekambuhan penyakit. Data waktu survival ini diperoleh dari pengamatan langsung terhadap pasien selama periode studi, di mana waktu tersebut dicatat untuk setiap individu hingga peristiwa terjadi atau hingga akhir masa pengamatan jika peristiwa belum terjadi (data tersensor). Fungsi survival tersebut diperoleh melalui analisis *Kaplan-Meier* (Kleinbaum & Klein, 2005). Berikut rumus umum dari fungsi survival yang digunakan untuk kurva survival kaplan meier:

$$\hat{S}(t_{(j-1)}) = \prod_{i=1}^{j-1} \hat{P}_r (T > t_{(i)} | T \geq t_{(i)})$$

Keterangan:

- $\hat{S}(t_{(j-1)})$: Estimasi fungsi survival pada waktu sebelum kejadian ke- j .
- $t_{(i)}$: Waktu kejadian ke- i
- T : Variabel acak waktu survival
- $\hat{P}_r (T > t_{(i)} | T \geq t_{(i)})$: Probabilitas bertahan melewati $t_{(i)}$ dengan syarat bertahan hingga $t_{(i)}$

Setelah diperoleh hasil kurva survival *Kaplan Meier*, lalu bandingkan jika memiliki perbedaan antara kurva survival menggunakan uji *log-rank*.

Uji Log-Rank

Log-rank test adalah pengujian untuk memperoleh perbandingan kurva survival pada grup yang tidak sama. Statistik dari *log-rank* adalah pendekatan dari *chi-square* dengan db =G-1, G merupakan jumlah grup pada variabel. Hipotesis H_0 ditolak, jika *Log rank statistics* $\approx X^2_{hitu} >$ dari $X^2_{a,df}$ dengan db =1 atau $P_{value} < \alpha$. Berikut hipotesis untuk uji log rank :

H_0 : Tidak ada perbedaan signifikan pada kaplan meier antar grup pada variabel tertentu

H_1 : Ada perbedaan signifikan pada diantara grup pada variabel tertentu.

$$\text{Statistik Log-Rank} = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} ; i = 1, 2, \dots, G$$

$$O_i - E_i = \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^G (m_{ij} - e_{ij})$$

$$e_{ij} = \left(\frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^G n_{ij}} \right) \left(\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^G m_{ij} \right)$$

Keterangan

- m_{ij} : Jumlah subjek dalam grup ke- i di waktu t (j)
- n_{ij} : Jumlah subjek beresiko dalam kelompok ke- i sebelum waktu t (j)
- e_{ij} : Nilai yang diharapkan pada grup ke- i pada waktu t (j)
- G : Jumlah kelompok

Asumsi Proportional Hazard dengan Uji Godness of Fit

Menurut Kleinbaum dan Klein yang dikutip oleh S. Prabawati, metode grafik $\ln [-\ln S(t)]$ atau uji *godness of fit* (GOF) dengan residual *Schoenfeld* merupakan salah satu teknik yang bisa digunakan pada asumsi proportional hazards. Uji asumsi proportional hazard yang digunakan di penelitian ini adalah uji *Godness of fit* (GOF).

H_0 : $p = 0$ (Asumsi proportional hazard terpenuhi)

H_1 : $p \neq 0$ (Asumsi proportional hazard tidak terpenuhi)

Model Analisis Regresi Cox Proportional Hazard

Tahap awal yang dilakukan adalah dengan membuat model Cox PH, Berikut bentuk persamaan umum dari model regresi Cox PH:

$$h(t,x) = h_0(t) \exp(\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p)$$

Jika data analisis memiliki ties, partial likelihood akan mengalami kendala untuk melakukan estimasi parameter. Sehingga untuk melakukan proses estimasi diperlukan modifikasi terhadap persamaan partial likelihood. Metode yang digunakan dalam hal ini merupakan metode Efron. Klein dkk, 2003 menyajikan model partial likelihood metode Efron sebagai berikut:

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^{d_i} \left[\frac{\exp(\beta^T z_i)}{\sum_{k \in R_i} \exp(\beta^T z_k) - \frac{j-1}{d_i} \sum_{k \in D_i} \exp(\beta^T z_k)} \right]$$

Keterangan

- $L(\beta)$: Fungsi partial likelihood
- β : Vektor parameter regresi
- z_i : Kovariat individu ke- i
- n : Jumlah individu
- d_i : Jumlah kejadian pada waktu t_i
- R_i : Himpunan risk set pada waktu t_i
- D_i : Himpunan individu yang mengalami kejadian pada waktu t_i
- $\frac{j-1}{d_i}$: Faktor koreksi efron untuk kejadian serentak

Prosesnya dilanjutkan dengan metode Newton-Rhapson untuk memperoleh estimator variabel-variabel.

Pengujian Signifikansi Parameter

Uji simultan dan uji parsial merupakan uji signifikansi dari parameter. Uji simultan adalah pengujian yang dipakai untuk menguji pengaruh variabel bebas dalam model regresi secara bersamaan. Statistik uji yang dipakai adalah distribusi *Chi-Square* dengan db p (banyaknya variabel bebas). Prosedur uji parameter yang dilakukan secara simultan dengan hipotesis dan taraf nyata $\alpha = 0,05$:

$H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_j = 0$ (variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap waktu survival)

$H_1 =$ minimal ada satu $\beta_j \neq 0$, dimana $j = 1,2,\dots,p$ (variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap waktu survival)

Statistik uji ditentukan dengan uji likelihood ratio, yang disimbolkan dengan G. Berikut rumus umum statistik uji likelihood ratio:

$$G = -2[\ln L(\hat{\beta}) - \ln L(0)]$$

Dengan G berdistribusi $X^2_{\alpha;p}$. Keputusan bahwa H_0 akan ditolak apabila nilai $G_{hitung} \geq X^2_{\alpha;p}$ atau $P_{value} \leq \alpha$. Pada pengujian ini, ketika H_0 ditolak maka disimpulkan bahwa minimal ada satu dari variabel bebas yang berpengaruh signifikan terhadap fungsi hazard.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dalam penelitian bersumber dari kaggle berasal dari studi *Molecular Taxonomy of Breast Cancer International Consortium* atau METABRIC yang bertujuan untuk mengevaluasi prognosis dan durasi survival pasien kanker payudara berdasarkan data klinis dan genomik. Dataset ini mencakup 1.980 sampel pasien dengan kanker payudara primer, yang berisi informasi klinis, karakteristik tumor, pengobatan, dan ekspresi genetic.

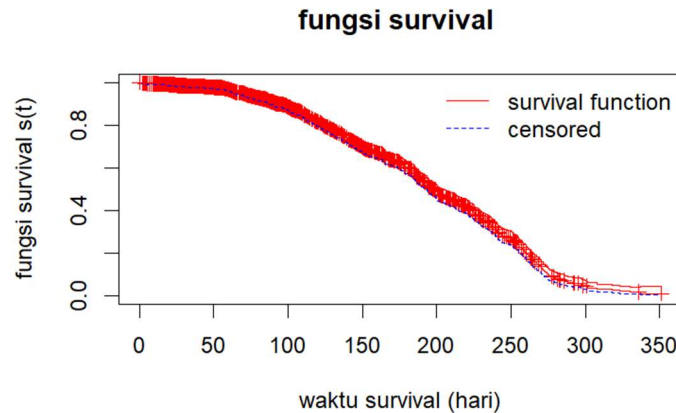
A. Fungsi Hazard dan Fungsi Survival Pada Pasien Kanker Payudara

Berikut merupakan tabel yang memuat hasil statistik deskriptif waktu survival pasien kanker payudara:

Tabel 2. Statistik Deskriptif dari *Survival Time* Pasien Kanker Payudara

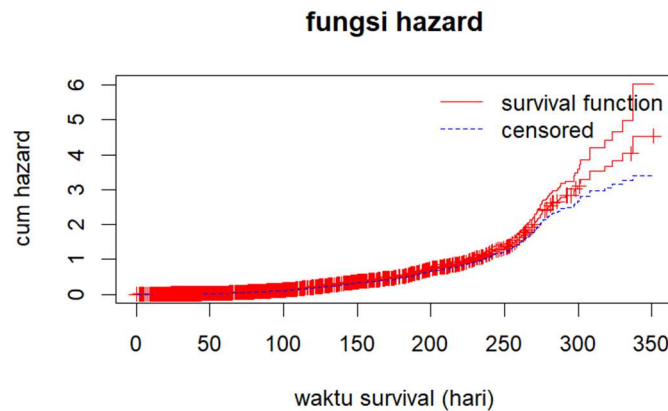
Min	Quartil 1	Median	Mean	Quartil 3	Max
0.10	61.83	116.45	125.80	185.16	351.00

Berdasarkan Tabel 2, rata-rata waktu survival penderita kanker payudara adalah 125,80 hari dengan waktu minimum 0,10 hari dan maksimum 351 hari. Median waktu survival sebesar 116 hari menunjukkan bahwa 50% pasien diperkirakan masih bertahan hidup lebih dari 116 hari, sedangkan 50% lainnya mengalami kejadian sebelum 116 hari. Selain itu, kuartil pertama sebesar 61,83 hari mengindikasikan bahwa 25% pasien mengalami kejadian sebelum waktu tersebut, sementara kuartil ketiga sebesar 185,16 hari menunjukkan bahwa 75% pasien mengalami kejadian sebelum waktu tersebut. Secara umum, distribusi waktu survival pasien dapat digambarkan melalui kurva Kaplan-Meier sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Kaplan Meier Pasien Kanker Payudara

Gambar 1 menunjukkan kurva Kaplan-Meier fungsi survival penderita kanker payudara. Pada awal pengamatan, probabilitas pasien untuk bertahan hidup sangat tinggi, yaitu mendekati 1. Seiring berjalannya waktu, kurva survival mengalami penurunan secara bertahap, yang mengindikasikan menurunnya peluang bertahan hidup pasien. Penurunan yang relatif tajam terjadi pada rentang waktu sekitar hari ke-50 hingga hari ke-270, yang mencerminkan bahwa sebagian besar kejadian (kematian) terjadi pada interval tersebut. Median waktu survival tercapai pada sekitar hari ke-116, artinya 50% pasien diperkirakan masih bertahan hidup lebih dari 116 hari, sedangkan 50% lainnya mengalami kejadian sebelum waktu tersebut. Setelah hari ke-270 hingga mendekati hari ke-350, kurva survival semakin mendekati nol, yang menunjukkan bahwa hanya sedikit pasien yang bertahan hidup hingga akhir periode pengamatan.



Gambar 2. Kurva Fungsi Hazard Pasien Kanker Payudara

Fungsi *hazard* dinotasikan dengan $h(t)$ disebut dengan *hazard rate*. Fungsi ini ditafsirkan menjadi kecepatan individu untuk mendapatkan suatu kejadian pada skala waktu t hingga ketika diketahui individu yang bersangkutan belum mengalami kejadian sampai 6 dengan waktu t . Berdasarkan Gambar 2, nilai fungsi hazard selalu naik. Ciri-ciri jangka waktu survival yang ditunjuk Gambar 2 adalah kurva survival kaplan meier secara general. Karakteristik waktu

survival pada masing-masing variabel faktor yang ditaksir mempengaruhi lama waktu hidup dari pasien pengidap kanker payudara adalah *type of breast sugery*, *chemotherapy* dan *age at diagnosis*.

B. Uji Log Rank

Berikut hasil *log-rank statistic* di setiap variabel:

Tabel 3. Hasil Statistik *Log Rank*

Variabel	Chi-Square	df	P-Value
<i>Type of surgery</i>	16,4	1	5e-05
<i>Chemotherapy</i>	46,5	1	9e-12
<i>Age at diagnosis</i>	0,1	1	0,7

Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa parameter dengan hasil statistik *log-rank* yang signifikan, pada pengujian ini menggunakan $\alpha = 0,05$. Variabel tersebut diantaranya *type of surgery* dan *chemoterapy*. Untuk *type of surgery* maka Kaplan meier antara *mastectomy breast* dan *conserving surgery* berbeda signifikan, begitu pula untuk *chemotherapy* dimana diperoleh perbedaan yang signifikan pada kaplan meier antara yang menerima kemoterapi dengan yang tidak menerima kemoterapi. Selain itu, statistik *log rank* tidak signifikan pada variabel *age at diagnosis*. Maka tidak terdapat perbedaan kaplan meier pada pasien dengan umur dibawah 42 tahun dan pasien dengan umur diatas sama 42 tahun.

C. Asumsi Proportional Hazard dengan Uji Godness of Fit

Tabel 4 merupakan hasil perhitungan statistik uji P_{value} menggunakan *software Rstudio*.berikut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Asumsi PH pada Variabel Independen

Variabel	Chi- Square	df	P- value
Type of breast surgery	0.120125	1	0.73
Chemoterapy	1.428380	1	0.23
Age at diagnosis	0.000769	1	0.98
Global	1.599500	3	0.66

Berdasarkan Tabel 4, diketahui bahwa diperoleh nilai $P_{value} > \alpha$ maka H_0 diterima. Dapat disimpulkan variabel *type_of_breast_surgery*, *chemotherapy*, *age_at_diagnosis* sudah memenuhi asumsi PH.

D. Model Analisis Regresi Cox Proportional Hazard

Dalam Tabel 5 dapat dilihat hasil dari uji analisis regresi Cox PH menggunakan *software Rstudio*.

Tabel 5. Hasil Pengujian Analisis Regresi Cox PH

Variabel	Coef	P- Value	Hazard Ratio
<i>Type of surgery</i>	-0.32114	7.04e-06	0.7253
<i>Chemotherapy</i>	0.62559	8.66e-13	1.8693
<i>Age at diagnosis</i>	0.16896	0.158	1.1841

Didapatkan model dari regresi *cox proportional hazard* berikut:

$$\hat{h}_t = \hat{h}_0(t) \exp(-0.32114 x_1 + 0.62559 x_2 + 0.16896 x_3)$$

Berdasarkan p-value, dengan taraf signifikan 5% dapat diketahui beberapa variabel yang memiliki pengaruh signifikan pada waktu survival pasien kanker payudara yaitu *type of surgery* dan *chemotherapy*. Sementara itu variabel *age at diagnosis* tidak berpengaruh secara signifikan. Berdasarkan nilai hazard ratio dapat diketahui bahwa pasien yang menjalani *conserving surgery* memiliki risiko kematian 0.725 kali lebih tinggi dibandingkan individu yang menjalani mastektomi. Individu yang menjalani kemoterapi memiliki risiko kematian 1.869 kali lebih tinggi dibandingkan individu yang tidak menjalani kemoterapi. Individu yang berumur diatas 42 tahun mempunyai risiko kematian 1.869 kali lebih tinggi dibandingkan individu berumur di bawah 42 tahun.

E. Pengujian Signifikan Parameter

Tabel 6 menunjukkan hasil uji signifikansi parameter sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Likelihood Ratio Test

Likelihood Ratio Test	df	p-value
45.2	3	8e-10

Berdasarkan nilai uji *likelihood ratio* diatas dapat dilihat p-value (8e-10) lebih kecil dari 0,05, artinya menolak hipotesis nol (H_0). Maka minimal ada satu variabel bebas memiliki pengaruh terhadap waktu survival.

IV. KESIMPULAN

Pada analisis survival menggunakan model *Cox Proportional Hazards* berhasil mengidentifikasi parameter-parameter yang mempengaruhi lama waktu kelangsungan hidup pasien kanker payudara. Macam-macam tindakan operasi payudara dan kemoterapi ditemukan memiliki pengaruh signifikan, sedangkan usia saat diagnosis tidak menunjukkan efek yang signifikan. Pasien yang menjalani operasi *mastectomy breast* teridentifikasi punya risiko kematian lebih rendah ketika dibandingkan dengan mereka yang menjalani operasi *conserving surgery*. Sebaliknya, pasien yang menerima kemoterapi menunjukkan risiko kematian yang lebih tinggi dibandingkan tanpa melakukan kemoterapi. Kurva Kaplan-Meier menunjukkan penurunan probabilitas kelangsungan hidup yang turun cepat dalam hari ke 50 hingga hari ke 270 setelah diagnosis. Hal ini menekankan pentingnya intervensi dini dan strategi pengobatan yang disesuaikan untuk meningkatkan hasil pengobatan pasien. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi faktor genetik, molekuler, dan lingkungan tambahan yang mungkin memengaruhi tingkat kelangsungan hidup. Penggunaan pendekatan pembelajaran mesin untuk memprediksi hasil serta mempertimbangkan dataset yang lebih beragam dapat meningkatkan keandalan dan penerapan analisis survival dalam penelitian kanker payudara.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, J. (2020). Analisis model regresi Cox proportional hazard pada studi kasus pasien kanker paru-paru. *Jurnal Ilmiah Simantek*, 4(1), 55–61.
- Anggorowati, L. (2013). Faktor risiko kanker payudara wanita. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(2), 121–126.
- Fajar, I. M. (2021). Karakteristik usia, gambaran klinis dan histopatologi pasien kanker payudara di RSUD Al-Ihsan Provinsi Jawa Barat periode Januari 2018 - Oktober 2020. *Journal Riset Kedokteran*, 1(2), 85–91.
- Hero, S. K. (2021). Faktor risiko kanker payudara. *Jurnal Medika Utama*, 3(1).
- Klein, J. P., & Moeschberger, M. L. (2003). *Survival analysis techniques for censored and truncated data* (2nd ed.). Springer.
- Machmud, T., Nashar, L. O., Fakriyana, D., & Sabran, L. O. (2021). Estimasi parameter Cox semiparametric hazard model dengan metode Efron pada data tersensor kanan. *Jurnal Matematika UNAND*, 10(3), 394–405.
- Nur, S. T., Husnah, Hikmah, & Rahmawati. (2024). Model regresi Cox proportional hazard dengan penaksiran parameter Efron partial likelihood. *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, 6(2), 192–203.
- Samosir, J. A., Sudarno, & Maruddani, D. A. I. (2024). Perbandingan model regresi stratified Cox dan extended Cox pada analisis survival penderita kanker payudara. *Jurnal Gaussian*, 13(1), 59–69.
- Sihite, E. D. O., Nurchayati, S., & Hasneli, Y. (2019). Gambaran tingkat pengetahuan tentang kanker payudara dan perilaku pemeriksaan payudara sendiri (Sadari). *Jurnal Ners Indonesia*, 10(1).
- Urfiyyati, A., dkk. (2021). Regresi hazard aditif Lin-Ying untuk analisis perbaikan kondisi klinis pasien kanker payudara. *Jurnal Endurance: Kajian Ilmiah Problema Kesehatan*, 6(2), 309–318.