

Pemodelan Regresi Hazard Proporsional Cox Untuk Memprediksi Laju Kebangkrutan Perusahaan

Abdul Rahim

Program Studi Tadris IPA, Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq Jember, ar18071971@gmail.com

ABSTRAK: Salah satu parameter kestabilan sebuah perusahaan dapat dilihat dari peringkat obligasinya. Peringkat obligasi perusahaan dapat memberikan petunjuk bagi investor tentang investasi obligasi yang mereka minati. Status peringkat perusahaan dikeluarkan oleh lembaga atau agen pemeringkat independen seperti PEFINDO dan Kasnic. Rasio keuangan merupakan salah satu acuan dalam penentuan peringkat obligasi perusahaan. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mendapatkan model regresi pengaruh faktor-faktor rasio keuangan terhadap *survival* perusahaan ditinjau dari segi peringkat obligasinya. Dari Model Regresi *Hazard* Proporsional Cox untuk memprediksi laju kebangkrutan perusahaan yang diperoleh dapat diinterpretasikan bahwa laju kebangkrutan perusahaan ditinjau dari peringkat obligasinya akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu. Sedangkan kontribusi dari faktor-faktor keuangan terhadap laju kebangkrutan perusahaan berpengaruh secara eksponensial.

Kata kunci : Peringkat Obligasi, Rasio Keuangan, Metode Regresi Hazard Proportional Cox.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin pesatnya perkembangan perekonomian dunia, eksistensi sebuah perusahaan semakin membutuhkan pengelolaan yang tangguh. Menurut A. Saunders dan Allen L[10] menyatakan bahwa salah satu parameter kestabilan sebuah perusahaan dapat dilihat dari peringkat kredit (*creditmetrics*). Status peringkat kredit eksternal perusahaan dikeluarkan oleh lembaga atau agen pemeringkat independen seperti PEFINDO dan Kasnic.

Obligasi adalah surat hutang jangka panjang yang dapat dipindahtanggankan yang berisi janji dari pihak yang menerbitkan untuk membayar imbalan berupa bunga pada periode tertentu dan melunasi pokok utang pada waktu yang telah ditentukan kepada pihak pembeli obligasi tersebut [2]

Agen pemeringkat obligasi adalah lembaga independen yang memberi informasi pemeringkatan skala risiko hutang, salah satu di antaranya adalah sekuritas obligasi sebagai petunjuk seberapa aman suatu obligasi bagi

investor. Fenomena tersebut memberi ketertarikan bagi penulis untuk mendapatkan pemodelan regresi survival dalam memprediksi kebangkrutan perusahaan ditinjau dari peringkat obligasinya dengan menggunakan faktor-faktor rasio keuangan dengan *covariat* yang lebih banyak.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Survival

Terdapat dua fungsi yang menjadi pusat perhatian dalam analisis data survival, yaitu *fungsi survival* dan *fungsi hazard*. Waktu *survival* dari suatu perusahaan dapat dipandang sebagai nilai variabel random T yang bisa bersifat diskrit atau kontinu yang bernilai non negatif. Untuk T kontinu, fungsi kepadatan peluang adalah $f(t)$ dan fungsi distribusinya adalah $F(t)$ dinyatakan sebagai :

$$F(t) = P(T < t) , t \geq 0 . \quad (2.1)$$

Fungsi *survival* $S(t)$ didefinisikan sebagai probabilitas bahwa waktu *survival* lebih besar atau sama dengan [3]:

$$S(t) = P(T \geq t) = 1 - F(t) , t \geq 0 \quad (2.2)$$

Fungsi ini dapat digunakan untuk menyatakan probabilitas suatu perusahaan tetap eksis di pasaran (*survive*) dari awal terdaftar di bursa sampai waktu t . Fungsi kepadatan peluang dari variabel random T yang kontinu diasumsikan ada dan didefinisikan sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} , t \geq 0 \quad (2.3)$$

Probabilitas bersyarat bahwa perusahaan bangkrut di antara $(t, t + dt)$ jika diberikan bahwa perusahaan tetap eksis pada saat t atau lebih besar t dapat dituliskan sebagai :

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t}$$

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)}, \quad t \geq 0, S(t) > 0,$$

selanjutnya,

$$h(t) = -\frac{d}{dt} \{ \ln S(t) \},$$

sedangkan fungsi survivalnya dapat dituliskan sebagai ;

$$S(t) = \exp \left[- \int_0^t h(u) du \right], \quad (2.4)$$

dengan $\int_0^t h(u) du$ disebut Fungsi Hazard Kumulatif.

Pemodelan Data Survival

Pemodelan data *survival* biasanya menggunakan fungsi *hazard* [6]. Sebagai contoh fungsi kepadatan peluang dari waktu *survival* yang berdistribusi Weibull dengan tiga parameter adalah sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left\{ - \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right\} \quad (2.5)$$

dimana :

t = Waktu survival perusahaan, $t \geq \gamma$
 β = Parameter bentuk (*shape*), $\beta > 0$
 η = Parameter skala (*scale*), $\eta > 0$
 γ = Parameter lokasi, $-\infty < \gamma < \infty$
 dengan mengintegrasikan persamaan (2.5) terhadap t diperoleh,

$$F(t) = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right\}$$

Dari persamaan (2.2) fungsi *survival*nya dapat dituliskan sebagai ;

$$S(t) = \exp \left\{ - \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right\}$$

Sedangkan fungsi *hazard*nya menjadi,

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

Nilai ekspektasi dari t diperoleh dari ;

$$E(t) = \gamma + \eta \Gamma \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right)$$

Sedangkan varians dari t diperoleh dari, (3)

$$Var(t) = \eta \left[\Gamma \left(\frac{2}{\beta} + 1 \right) - \Gamma \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right)^2 \right]$$

dengan $\Gamma(x)$ adalah fungsi gamma yang dinyatakan sebagai,

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty u^{x-1} e^{-u} du$$

Model Regresi Hazard Proporsional Cox

Model regresi *hazard* proporsional Cox merupakan model dasar untuk data *survival*. Model ini diperkenalkan oleh Cox [4] dan dikenal sebagai model regresi *hazard* proporsional Cox yang dinyatakan sebagai ;

$$h(t) = \psi(x) h_0(t),$$

dengan $\psi(x)$ merupakan fungsi penghubung. Apabila x_1, x_2, \dots, x_p merupakan variabel penjelas dari n observasi, maka fungsi *hazard* pada waktu t dari perusahaan ke- i dapat dituliskan sebagai ;

$$h_i(t_i) = \exp(\alpha_1 x_{1i} + \alpha_2 x_{2i} + \dots + \alpha_p x_{pi}) h_0(t_i) \quad (2.6)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$ merupakan urutan observasi.

Jika $\tilde{x}_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{pi})^T$ dan

$\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p)^T$, maka persamaan (2.6) dapat ditulis

$$h_i(t_i, \tilde{x}_i) = h_0(t_i) \exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{x}_i) \quad (2.7)$$

Pada data waktu *survival* t yang berdistribusi Weibull dengan tiga parameter, fungsi *hazard baseline*-nya dapat dinyatakan sebagai

$$h_0(t_i) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t_i - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2.8)$$

Dari persamaan (2.8) model regresi *hazard* proporsional Cox dapat dituliskan sebagai ;

$$h_i(t_i, \tilde{x}_i) = \left\{ \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t_i - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \right\} \exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{x}_i) \quad (2.9)$$

Fungsi *survival* yang berhubungan dengan fungsi *hazard* pada persamaan (2.9) dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.4) sebagai berikut,

$$S_i(t_i, \tilde{x}_i) = \exp \left[- \exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{x}_i) \left\{ \left(\frac{t_i - \gamma}{\eta} \right)^\beta + \left(\frac{\gamma}{\eta} \right)^\beta \right\} \right] \quad (2.10)$$

Fungsi kepadatan peluangnya dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.3) sehingga diperoleh,

$$f_i(t_i) = \left\{ \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t_i - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \right\} \exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{x}_i) \cdot \exp \left[-\exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{x}_i) \left\{ \left(\frac{t_i - \gamma}{\eta} \right)^\beta + \left(\frac{\gamma}{\eta} \right)^\beta \right\} \right] \quad (2.11)$$

Metode Maximum Likelihood Estimation

Pada kasus dimana terdapat satu atau lebih data *survival* yang tersensor, dianggap terdapat r dari n perusahaan, yang bangkrut pada waktu $t_{(1)} < t_{(2)} < \dots < t_{(r)}$ dan terdapat $n-r$ perusahaan yang *survive* dalam waktu $t^*_1, t^*_2, \dots, t^*_{n-r}$ yang dinyatakan tersensor, maka fungsi *likelihood*nya [3] dapat dituliskan sebagai :

$$L(\theta|\tilde{t}) = \prod_{j=1}^r \{f(t_j)\} \prod_{l=1}^{n-r} \{S(t_l^*)\} \quad (2.12)$$

Dengan $\tilde{t} = (t_1, t_2, \dots, t_n)$ dan $\tilde{\theta}$ adalah vektor parameter. Selanjutnya persamaan (2.12) menjadi,

$$L(\theta|\tilde{t}) = \prod_{i=1}^n \{f(t_i)\}^{\delta_i} \{S(t_i)\}^{1-\delta_i} \quad (2.13)$$

dengan δ_i adalah indikator sensor yang bernilai 0 bila *right censored* pada waktu *survival* dan bernilai 1 untuk yang lainnya. Untuk mendapatkan *estimator* dari parameter β, η dan γ serta parameter regresi $\tilde{\alpha}$, maka persamaan (2.13) diturunkan terhadap parameter-parameter tersebut dan disamakan dengan nol. Selanjutnya penurunan kedua terhadap parameter-parameternya dimaksudkan untuk mendapatkan titik maksimum.

Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) atau Analisis komponen utama merupakan cara untuk mengelompokkan variabel-variabel yang korelasi liniernya sejalan linier menjadi suatu komponen utama, sehingga dari p variabel akan didapat k komponen utama dimana $k \leq p$ yang dapat mewakili keragaman (variabilitas) variabel-variabel yang ada.

Dengan analisis komponen utama diharapkan dapat disusutkan dimensi banyaknya variabel atau dapat disederhanakan struktur hubungan variabel sehingga dengan dimensi yang lebih kecil diharapkan lebih mudah melakukan interpretasi tanpa kehilangan banyak informasi tentang data, bahkan informasi yang didapat menjadi lebih padat dan bermakna.

Menurut Anderson [1], jika terdapat vektor random $\tilde{X} = (X_1, X_2, \dots, X_p)^T$ yang (11) berisi sejumlah pengamatan terhadap p variabel mempunyai vektor rata-rata μ dan matriks varians-kovarians Σ dengan eigen value $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$. Maka dapat ditulis suatu variabel baru yang merupakan kombinasi linier dari variabel asal.

$$\begin{aligned} Y_1 &= a_1^T \tilde{X} = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \\ Y_2 &= a_2^T \tilde{X} = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \\ &\vdots \\ Y_p &= a_p^T \tilde{X} = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p \end{aligned} \quad (12)$$

Komponen Utama adalah kombinasi linier Y_1, Y_2, \dots, Y_p yang tidak berkorelasi dan mempunyai varians sebesar mungkin. Sangatlah jelas bahwa nilai $Var(Y_i) = a_i^T \Sigma a_i$ dapat diperbesar dengan menggandakan setiap a_i dengan suatu konstanta. Untuk menghilangkan ketidakpastian ini maka vektor koefisien harus diubah menjadi vektor satuan. Dengan demikian $a_i^T a_i$ selalu bernilai satu [1] sehingga dapat didefinisikan bahwa Komponen Utama ke- i merupakan kombinasi linier $a_i^T \tilde{X}$ yang memaksimumkan $Var(a_i^T \tilde{X})$ dengan ketentuan $a_i^T a_i = 1$ dan $Cov(a_k^T \tilde{X}, a_i^T \tilde{X}) = 0$ untuk $k < i$, dimana $Var(a_i^T \tilde{X})$ mencapai maksimum pada nilai eigen value λ_i .

Pengertian Obligasi dan Peringkat Obligasi

Obligasi adalah surat hutang jangka panjang yang dapat dipindahtanggankan berisi janji dari pihak yang menerbitkan untuk membayar imbalan

berupa bunga pada periode tertentu dan melunasi pokok hutang pada waktu yang telah ditentukan kepada pihak pembeli obligasi tersebut [2].

Rating atau peringkat, merupakan sebuah pernyataan tentang keadaan penghutang dan kemungkinan apa yang bisa dan akan dilakukan sehubungan dengan hutang yang dimiliki, sehingga dapat dikatakan bahwa rating mencoba mengukur resiko *default*, yaitu peluang emiten atau peminjam akan mengalami kondisi tidak mampu memenuhi kewajiban keuangannya [5]. Peringkat obligasi perusahaan diharapkan dapat memberikan petunjuk bagi investor tentang investasi obligasi yang mereka minati. Pemodal bisa menggunakan jasa *credit rating agency* yang memberikan jasa penilaian terhadap obligasi yang beredar untuk mendapatkan informasi mengenai rating obligasi. Di Indonesia terdapat lembaga pemeringkat sekuritas hutang yaitu PEFINDO (Pemeringkat Efek Indonesia).

Rasio Keuangan

Rasio keuangan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi peringkat obligasi suatu perusahaan. Menurut Weston dan Copeland[12], jenis-jenis rasio keuangan antara lain :

1. *Current ratio* adalah untuk mengukur kemampuan perusahaan dalam membayar kewajiban jangka pendek.
2. *Inventory turnover* adalah untuk mengukur efisiensi perusahaan dalam mengelola dan menjual persediaan barangnya (*inventory*).
3. *Debt to equity ratio* adalah untuk mengukur relatif utang terhadap ekuitas (modal sendiri). Dari rasio ini dapat ditunjukkan bahwa ekuitas yang dimiliki perusahaan masih dapat ataukah tidak dapat menutup seluruh utang perusahaan.
4. *Total asset turnover* adalah untuk mengukur efisiensi perusahaan dalam mengelola seluruh aktiva yang dimilikinya.
5. *Gross profit margin* adalah untuk mengetahui kemampuan perusahaan dalam menghasilkan laba kotor dari penjualan bersihnya; mengukur laba yang dihasilkan setelah dikurangi beban pokok penjualan.

6. *Operating profit margin* adalah untuk mengetahui kemampuan perusahaan dalam menghasilkan laba operasi dari penjualan bersihnya; mengukur laba yang dihasilkan setelah dikurangi dengan beban biaya operasi.
7. *Net profit margin* adalah untuk mengetahui kemampuan perusahaan dalam menghasilkan laba bersih yang dihasilkan dari penjualan bersihnya; mengukur laba yang dihasilkan setelah dikurangi dengan semua beban dan pendapatan.
8. *Return on equity* adalah menunjukkan kemampuan perusahaan untuk menghasilkan laba bersih dengan jumlah ekuitas yang dimilikinya

3. METODOLOGI PENELITIAN

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi variabel respon dan variabel penjelas.

Variabel respon yang digunakan dalam penelitian adalah data waktu *survival* perusahaan, T (bulan) dan sebagai variabel sensor yaitu :

- a. Ya (1), yakni perusahaan dinyatakan bangkrut apabila peringkat obligasinya berada pada level CCC atau D.
- b. Tidak (0), yakni perusahaan dinyatakan survive apabila peringkat obligasinya berada pada level AAA, AA, A, BBB, BB, atau B.

Variabel penjelas yang digunakan dalam penelitian ini faktor rasio keuangan yang berjumlah 8 (delapan) variabel sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \text{Current Ratio} \\
 x_2 &= \text{Inventory Turnover} \\
 x_3 &= \text{Debt to Equity} \\
 x_4 &= \text{Total Asset Turnover} \\
 x_5 &= \text{Gross Profit Margin} \\
 x_6 &= \text{Operating Profit Margin} \\
 x_7 &= \text{Net Profit Margin} \\
 x_8 &= \text{Return on Equity}
 \end{aligned}$$

Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini yang berkaitan dengan tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan distribusi data waktu *survival* perusahaan.
2. Memeriksa kemungkinan adanya multikolinieritas antar variabel penjelas. Bila terdapat kasus multikolinieritas maka dilanjutkan ke langkah (3), bila tidak terdapat kasus multikolinieritas maka langsung ke langkah (4).
3. Kasus multikolinieritas diatasi dengan *Principal Component Analysis* (PCA).
4. Mendapatkan fungsi kepadatan peluang dari data waktu *survival* perusahaan.
5. Menyusun fungsi *likelihood*-nya berdasarkan persamaan berikut,

$$L(t) = \prod_{i=1}^n \{f(t_i)\}^{\delta_i} \{S(t_i)\}^{1-\delta_i}$$

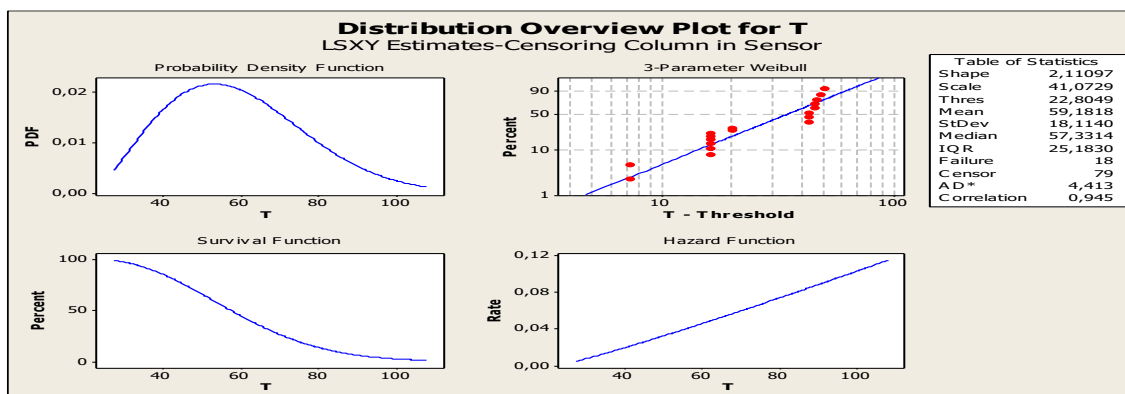
6. Mendapatkan *estimator* dari parameter model menggunakan metode MLE.
7. Mendapatkan model Regresi Hazard Proportional Cox.
8. Interpretasi Model.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Distribusi Data

Data yang digunakan adalah data simulasi berupa data simulasi keuangan perusahaan yang mengacu kepada data-data laporan kemajuan perusahaan sesuai format yang berlaku pada Bursa Efek Indonesia (BEI). Selanjutnya dilakukan pemeriksaan distribusi terhadap data tersebut dengan menggunakan software MINITAB 14. Hasil yang diperoleh bahwa nilai statistik Anderson-Darling yang paling kecil terdapat pada distribusi 3-Parameter Weibull sehingga dapat disimpulkan bahwa data waktu *survival* perusahaan adalah berdistribusi 3-Parameter Weibull dengan koefisien korelasi 0,945.

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai dari parameter-parameter distribusi. Hasil yang diperoleh seperti terlihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Distribusi Overview Plot untuk T

Pemeriksaan Multikolinieritas Data Faktor Resiko

Data yang digunakan adalah data simulasi berupa data simulasi keuangan perusahaan yang mengacu kepada data-data laporan kemajuan perusahaan sesuai format yang berlaku pada Bursa Efek Indonesia (BEI). Selanjutnya dilakukan pemeriksaan multikolinieritas data faktor resiko yakni x_1, x_2, \dots, x_8 .

Dari hasil yang diperoleh membuktikan bahwa terdapat data yang berkorelasi. Untuk mengatasi hal tersebut maka digunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA).

Untuk mendapatkan komponen utama, pertama kali yang dicari adalah matriks korelasi antar variabel independen yang telah distandarkan, kemudian *eigen value* dan *eigen vektornya* dihitung. *Eigen value* dengan proporsi terbesar menunjukkan variabilitas *eigen vektornya* digunakan untuk menyatakan kembali variabel

prediktornya. Hasil yang diperoleh dengan terlihat pada Tabel 3. menggunakan software MINITAB 14 seperti

Tabel 4. Analisis Eigen dari Matriks Korelasi

Eigenvalue	1,8664	1,6149	1,1895	1,0319	0,7729	0,7178	0,5712	0,2353
Proportion	0,233	0,202	0,149	0,129	0,097	0,090	0,071	0,029
Cumulative	0,233	0,435	0,584	0,713	0,809	0,899	0,971	1,000

Dari Tabel 3 terlihat bahwa *eigen value* yang lebih besar dari satu yang artinya variabel yang mampu menerangkan dirinya sendiri dan variabel lainnya dalam satu komponen ada empat buah, sehingga untuk proses selanjutnya variabel-variabel tersebut dikelompokkan dalam empat komponen utama. Jika dipakai empat komponen utama terlihat bahwa variabilitas dari keseluruhan

data pengamatan yang dapat diterangkan adalah sebesar 71,3 %.

Estimasi Parameter Model

Setelah diketahui bahwa data waktu *survival* perusahaan adalah berdistribusi 3-Parameter Weibull, selanjutnya dibangun fungsi kepadatan peluangnya yaitu,

$$f(t) = \left\{ \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \right\} \exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{x}) \cdot \exp \left[-\exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{x}) \left\{ \left(\frac{t_i-\gamma}{\eta} \right)^\beta + \left(\frac{\gamma}{\eta} \right)^\beta \right\} \right] \tag{4.1}$$

Pendugaan parameter dilakukan dengan menggunakan metode *maximum likelihood estimation*. Fungsi *likelihood* dari suatu fungsi kepadatan peluang [3] dapat dituliskan sebagai :

$$L(\tilde{t}) = \prod_{i=1}^n \{ f(t_i) \}^{\delta_i} \{ S(t_i) \}^{1-\delta_i} \tag{4.2}$$

dengan $\tilde{t} = (t_1, t_2, \dots, t_n)$ dan δ_i adalah indikator sensor yang bernilai 0 bila *right censored* pada waktu *survival* dan bernilai 1 untuk yang lainnya. Dari persamaan (2.9) dan persamaan (2.11), maka pada data waktu *survival* t yang berdistribusi 3-parameter Weibull, maka fungsi *likelihood*-nya berdasarkan persamaan (4.2) dinyatakan sebagai berikut

$$L(\beta, \eta, \gamma, \tilde{\alpha} | \tilde{t}) = \prod_{i=1}^n \left[\left\{ \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t_i-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \right\} \exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{w}_i) (A) \right]^{\delta_i} (A)^{1-\delta_i}$$

dimana

$$A = \left[\exp \left[- \left\{ \left(\frac{t_i-\gamma}{\eta} \right)^\beta + \left(\frac{\gamma}{\eta} \right)^\beta \right\} \exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{w}_i) \right] \right]$$

sehingga

$$L(\beta, \eta, \gamma, \tilde{\alpha} | \tilde{t}) = \prod_{i=1}^n \left[\left\{ \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t_i-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \right\} \exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{w}_i) \right]^{\delta_i} \left[\exp \left[- \left\{ \left(\frac{t_i-\gamma}{\eta} \right)^\beta + \left(\frac{\gamma}{\eta} \right)^\beta \right\} \exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{w}_i) \right] \right]$$

Fungsi log-likelihoodnya dapat dinyatakan sebagai,

$$\ln L(\beta, \eta, \gamma, \tilde{\alpha} | \tilde{t}) = \sum_{i=1}^n \left(\delta_i \left(\ln \left(\frac{\beta}{\eta} \right) + (\beta-1) \ln \left(\frac{t_i-\gamma}{\eta} \right) + (\tilde{\alpha}^T \tilde{w}_i) \right) - \left(\left(\frac{t_i-\gamma}{\eta} \right)^\beta + \left(\frac{\gamma}{\eta} \right)^\beta \right) \exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{w}_i) \right)$$

$$= \sum_{i=1}^n \delta_i \left(\ln \left(\frac{\beta}{\eta} \right) + (\beta - 1) \ln \left(\frac{t_i - \gamma}{\eta} \right) + (\tilde{\alpha}^T \tilde{w}_i) \right) - \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{t_i - \gamma}{\eta} \right)^\beta + \left(\frac{\gamma}{\eta} \right)^\beta \right) \exp(\tilde{\alpha}^T \tilde{w}_i) \quad (4.3)$$

Untuk mendapatkan *estimator* dari parameter β , η dan γ serta $\tilde{\alpha}$, maka persamaan (4.3) diturunkan pertama terhadap parameter-parameter tersebut dan disamakan dengan nol, serta turunan kedua untuk mendapatkan titik maksimum. Selanjutnya penurunan kedua terhadap parameter-parameternya dimaksudkan untuk mendapatkan titik maksimum.

Untuk mendapatkan taksiran parameter-parameternya, maka digunakan *iterasi* Newton-Raphson. Misalkan $v(\theta)$ adalah vektor $p \times 1$ yang merupakan turunan pertama dari persamaan (4.3) terhadap parameter θ , dengan θ adalah parameter regresi. Jika $I(\hat{\theta}^q)$ matrix $p \times p$ merupakan turunan kedua dari persamaan (12) sehingga elemen-elemen dari $I(\hat{\theta}^q)$ adalah,

$$-\frac{\partial^2 \log L(\theta)}{\partial \theta_i \partial \theta_m},$$

maka estimasi $\hat{\theta}$ pada iterasi ke-($q+1$) adalah $\hat{\theta}^{(q+1)}$.

$$\hat{\theta}^{(q+1)} = \hat{\theta}^q + I^{-1}(\hat{\theta}^q) v(\hat{\theta}^q),$$

dengan $q = 0, 1, 2, \dots$, dan $v(\hat{\theta}^q)$ adalah vektor

$$h(t, x) = \left\{ \frac{4,5049}{40,5254} \left(\frac{t - 22,7995}{40,5254} \right)^{4,5049-1} \right\} \exp(-0,4066w_2 + 0,4969w_3 - 0,3244w_4)$$

Selanjutnya dilakukan invers transformasi terhadap nilai hasil PCA dan solisinya adalah,

$$h(t, x) = 0,0111162(0,02467588299t - 0,5625977783)^{3,5049} e^\Phi$$

dimana,

$$\Phi = \exp(-0,3084x_1 + 0,974x_2 + 0,0125x_3 + 0,1757x_4 + 0,3084x_5 - 0,4356x_6 - 0,0137x_7 - 0,138x_8)$$

Interpretasi Model

Berdasarkan model yang diperoleh dapat diinterpretasikan bahwa laju kebangkrutan perusahaan ditinjau dari peringkat obligasinya akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu. Sedangkan kontribusi dari faktor-faktor keuangan terhadap laju kebangkrutan perusahaan berpengaruh secara *eksponensial*. Sebagai contoh diberikan data rasio keuangan dari perusahaan A sebagai berikut ;

$$x_1 = 1,31 \quad x_2 = 9,29$$

skor koefisien dan $I^{-1}(\hat{\theta}^q)$ adalah invers matriks transformasi yang diamati. $v(\hat{\theta}^q)$ dan $I^{-1}(\hat{\theta}^q)$ dihitung pada $\hat{\theta}^q$. Proses iterasi dimulai dengan penentuan nilai awal untuk $\hat{\theta}^q$. Proses iterasi berhenti jika perubahan pada fungsi *ln likelihood* kecil atau sampai konvergen.

Dari hasil *iterasi* dengan metode Newton-Raphson didapatkan nilai-nilai estimator sebagai berikut ;

$$\hat{\beta} = 4,5049,$$

$$\hat{\eta} = 40,5254,$$

$$\hat{\gamma} = 22,7995,$$

$$\hat{\alpha}_1 = 0,$$

$$\hat{\alpha}_2 = -0,4066,$$

$$\hat{\alpha}_3 = 0,4969,$$

$$\hat{\alpha}_4 = -0,3244.$$

Dengan menggunakan nilai estimasi parameter-parameter tersebut, maka dapat diketahui model laju kebangkrutan perusahaan ditinjau dari peringkat obligasinya berdasarkan persamaan (2.9) sebagai berikut;

$$x_3 = 2,66 \quad x_4 = 1,17$$

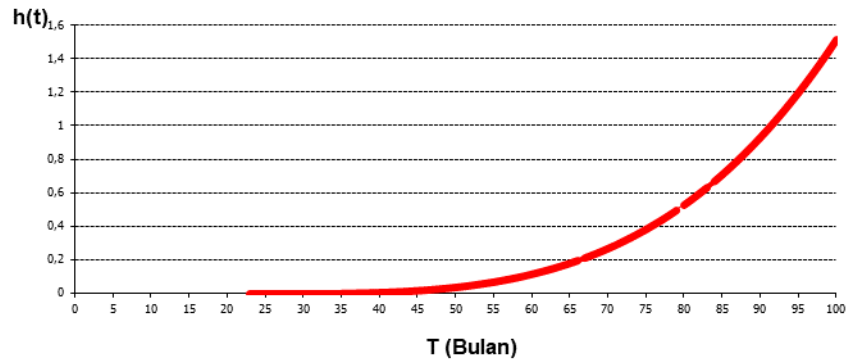
$$x_5 = 0,22 \quad x_6 = 0,09$$

$$x_7 = 0,12 \quad x_8 = 0,56.$$

Model laju kebangkrutan perusahaan A terhadap waktu diberikan sebagai berikut,

$$h(t) = 0,1581(0,0247t - 0,5626)^{3,5049}$$

Untuk menggambarkan laju kebangkrutan perusahaan A terhadap waktu secara visual, maka model dituangkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Laju Kebangkrutan Perusahaan A terhadap Waktu

Dari grafik dapat dilihat bahwa laju kebangkrutan perusahaan A bergerak secara *eksponensial* terhadap waktu. Sebagai implikasinya terhadap investor yaitu bahwa investor yang ingin membeli obligasi dari perusahaan A sebaiknya tidak lebih dari 50 bulan untuk menghindari kerugian di pihak investor.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penaksiran parameter diperoleh nilai sebagai berikut ;

$$\begin{aligned} \hat{\beta} &= 2.433, \\ \hat{\eta} &= 45.156, \\ \hat{\gamma} &= 22.800, \\ \hat{\alpha}_1 &= -9.566 \times 10^{-8}, \\ \hat{\alpha}_2 &= -5.26 \times 10^{-7}, \\ \hat{\alpha}_3 &= -5.527 \times 10^{-7}, \\ \hat{\alpha}_4 &= 3.176 \times 10^{-5}, \\ \hat{\alpha}_5 &= 4.990 \times 10^{-5}, \\ \hat{\alpha}_6 &= -3.266 \times 10^{-6}, \\ \hat{\alpha}_7 &= -5.979 \times 10^{-7}, \\ \hat{\alpha}_8 &= 1.605 \times 10^{-5}. \end{aligned}$$

Pemodelan laju kebangkrutan perusahaan ditinjau dari peringkat obligasinya dituliskan sebagai berikut,

$$h(t, x) = 0,0111162(0,02467588299t - 0,5625977783)^{3,5049} e^{\Phi}$$

dimana,

$$\begin{aligned} \Phi &= \exp(-0,3084x_1 + 0,974x_2 + 0,0125x_3 \\ &\quad + 0,1757x_4 + 0,3084x_5 - 0,4356x_6 \\ &\quad - 0,0137x_7 - 0,138x_8) \end{aligned}$$

Dari model tersebut dapat diketahui bahwa laju kebangkrutan perusahaan ditinjau dari peringkat obligasinya akan meningkat seiring dengan bergesernya waktu. Sedangkan kontribusi dari faktor-faktor keuangan terhadap laju kebangkrutan perusahaan tetap ada meskipun nilainya sangat kecil. Hal ini disebabkan oleh kriteria penilaian pada lembaga peminat seperti PEFINDO dalam menentukan peringkat obligasi suatu perusahaan tidak hanya berdasarkan pada faktor-faktor keuangan saja akan tetapi juga terdapat faktor-faktor lainnya sebagai pertimbangan

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anderson, 1980. *Statistical Methods for Comparative Studies Techniques for Bias Reduction*, Jhon Wiley and Sons, Canada.
- [2] Bursa Efek Surabaya, 2001. *Mengenal Obligasi*, Over The Counter Fixed Income Service.
- [3] Collet, D., 1994. *Modelling Survival Data in Medical Research*, Chapman and Hall, London.
- [4] Cox, D.R., 1972. Regression Model and Life Tables (with discussion), *J.R. Statist. Soc. B*, 34, 187-220.
- [5] Foster, G., 1986. *Financial Statement Analysis*, Prentice Hall International, Inc, USA.

- [6] Fox, J., 2002. *Cox Proportional Hazard Regression for Survival Data*, Appendix to an R and S-Plus Companion to Applied Regression, Jhon Wiley and Sons, Canada.
- [7] Horrigan, J., 1966. The Determination of Long Term Credit Standing with Financial Ratios, *Empirical Research in Accounting : Selected Studies, Supplement to Journal of Accounting Research*.
- [8] Kaplan, R.S., dan Urwitz, 1979. Statistical Models of Bond Rating : A Methodological Inquiry, *The Journal of Business*.
- [9] Lawless, J.F., 1982, *Statistical Models and Methods for Life Time Data*, Jhon Wiley and Sons, Canada.
- [10] Sitorus, T.W., dan Pohan, 2003. Credit Rating Probability, *Usahawan*, No. 12 Thn XXXII , hlm. 3-11, Jakarta.
- [11] Warsono, 1997. Prospek Emisi Obligasi di Indonesia, *Usahawan*, No. 9, TH. XXVI, September, Jakarta.
- [12] Weston, J.F., dan Copeland, 1988. *Manajemen Keuangan*, Terjemahan, Edisi Kedelapan, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- [13] Wolstenholme, L.C., 1999. *Reliability Modelling : A Statistical Approach*, Chapman and Hall, London.
- [14] Wydia, A., 2005, Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Prediksi Peringkat Obligasi, *Buletin Ekonomi Moneter dan Perbankan*, Vol.8 No. 2, September, hlm 243-262