



Systematic Literature Review : Bankruptcy Prediction Menggunakan Teknik Machine Learning dan Deep Learning

Ita Sulistiani¹, Erdiana Mufida², Pekik M. Yasser³, Lucky Alamsyah⁴

¹Prodi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka Raya, RT.11/RW.14, Rawamangun, Kec. Pulo Gadung, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta, ID 13220

¹itasulis16@gmail.com, ²erdiana.mfd@gmail.com, ³muhammadyasserr@gmail.com, ⁴alamsyahlucky@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 13 Mei 2021

Revisi Akhir: 15 Mei 2021

Diterbitkan Online: 30 Mei 2021

KATA KUNCI

Bankruptcy prediction, Machine Learning, Deep Learning, Statistical method, Systematic Literature Review

ABSTRACT

Bankruptcy prediction has long been an interesting topic to be discussed and developed by many researchers. Initially, the development of bankruptcy prediction models was carried out through statistical methods by examining corporate's financial ratios. Along with the development of technology, the use of machine learning and deep learning techniques for developing bankruptcy prediction models has begun to be widely used, for example, SVM, ANN, hybrid genetic algorithm, fuzzy-SVM, convolutional neural network, textual disclosure, and so on. Although machine learning and deep learning models have various advantages over statistical methods, they still have many drawbacks. In this paper, we will review machine learning and deep learning models used in bankruptcy prediction using the Systematic Literature Review method. Based on our research, bankruptcy prediction models developed using machine learning or deep learning techniques can outperform the performance of models using classical statistical methods.

1. PENDAHULUAN

Dalam pengambilan keputusan finansial seperti aktivitas investasi dan pemberian modal, peminjam modal seperti investor, perbankan, dan firma peminjam modal perlu memilih perusahaan terbaik demi memaksimalkan return profit yang mungkin didapatkan. Salah satu faktor penting yang perlu dipertimbangkan adalah potensi kebangkrutan suatu perusahaan. Kebangkrutan adalah kondisi dimana sebuah organisasi tidak dapat memenuhi kewajiban hutangnya serta diberikan petisi dari pengadilan untuk menata kembali hutang atau likuidasi aset yang dimiliki [1]. Sebisa mungkin, pemberi modal harus jeli dalam melihat perusahaan mana yang berpotensi bangkrut di masa depan, untuk menghindari return yang minus (rugi) atau bahkan modal tidak kembali sama sekali karena perusahaan benar-benar bangkrut. Melihat seriusnya masalah ini, *bankruptcy prediction* model telah lama menjadi topik yang menarik untuk dibahas dan dikembangkan oleh kalangan peneliti, khususnya di bidang akunting, finansial, dan ilmu komputer [2].

Penelitian mengenai *bankruptcy prediction* pertama kali dilakukan oleh Beaver (1968) yang menciptakan sebuah model diskriminan univariasi menggunakan rasio finansial yang dipilih berdasarkan tes klasifikasi dikotomis [3].

Meskipun metode statistikal klasik cukup populer pada masanya, masih terdapat beberapa masalah yang timbul ketika metode tersebut diaplikasikan pada prediksi kebangkrutan perusahaan. Beberapa masalah terkait penggunaan metode statistikal menurut Balcaen dan Ooghe (2004, p. 1) antara lain: 1) variabel terikat dikotomis; 2) metode sampling; 3) ketidakstabilan data; 4) pemilihan variabel bebas; 5) dimensi waktu [4]. Untuk menangani masalah yang belum dapat diselesaikan oleh metode statistikal, beberapa peneliti mencoba mengembangkan model *bankruptcy prediction* menggunakan metode *machine learning* dan *deep learning*.

Dalam beberapa tahun terakhir, beberapa algoritma *machine learning* mulai banyak dikembangkan untuk model *bankruptcy prediction*, contohnya adalah algoritma *Support Vector Machine* [5]–[10], *hybrid genetic algorithms* [8], *TAWNN* [11], *Partial Least Square* [3], *hybrid switching PSO* [12], *Neural Network* dan *Artificial Neural Network* [1], [4], [13]. *Deep learning* sendiri banyak digunakan untuk mengembangkan teknik yang handal dalam berbagai aplikasi, contohnya adalah *auto-driving*, *computer vision*, *voice recognition*, *natural language processing*, serta masalah klasifikasi dalam bisnis dan manajemen, seperti prediksi kebangkrutan [7]. Dalam pengembangan model

bankruptcy prediction menggunakan teknik *deep learning*, beberapa penelitian terakhir menggunakan teknik *textual disclosure* [14] serta *convolutional neural networks* [5]. Berdasarkan hasil penelitian jurnal-jurnal *bankruptcy prediction* yang menggunakan teknik *machine learning* dan *deep learning*, sebagian besar menunjukkan bahwa performa model yang dihasilkan memiliki hasil akurasi prediksi kebangkrutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan model yang dikembangkan menggunakan metode statistikal.

Meskipun metode *machine learning* dan *deep learning* yang digunakan dalam pengembangan model *bankruptcy prediction* memiliki beragam kelebihan jika dibandingkan dengan model yang dikembangkan berdasarkan metode statistikal, model-model tersebut masih jauh dari kata sempurna. Masih terdapat banyak kekurangan dan hal-hal yang dapat ditingkatkan dalam penelitian selanjutnya. Pada penelitian kali ini, akan dilakukan *review* proses, karakteristik, kekurangan serta kelebihan secara mendalam pada teknik *machine learning* dan *deep learning* yang digunakan pada jurnal-jurnal penelitian pengembangan model *bankruptcy prediction* menggunakan metode *Systematic Literature Review*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Systematic Literature Review

Systematic Literature Review merupakan istilah yang digunakan untuk merujuk pada metodologi penelitian atau riset tertentu dan pengembangan yang dilakukan untuk mengumpulkan serta mengevaluasi penelitian yang terkait pada fokus topik tertentu. Tujuan dari penelitian SLR antara lain adalah untuk mengidentifikasi, mengkaji, mengevaluasi, dan menafsirkan semua penelitian yang tersedia dengan bidang topik fenomena yang menarik, dengan pertanyaan penelitian tertentu yang relevan. SLR banyak dibutuhkan juga untuk penentuan agenda riset, sebagai bagian dari disertasi atau tesis, serta merupakan bagian yang melengkapi pengajuan hibah riset [15].

2.2. Penelitian yang Relevan dengan Bankruptcy Prediction

Dalam pengembangan model *bankruptcy prediction* menggunakan model *machine learning*, salah satu algoritma yang paling banyak digunakan adalah algoritma *Support Vector Machine* (SVM). SVM pertama kali dikembangkan oleh Vapnik (1995) dan merupakan salah satu metode yang menerima banyak perhatian karena hasilnya yang cukup menarik perhatian [16]. Salah satu perbedaan yang cukup menonjol antara SVM dengan NN adalah konsep untuk meminimalkan risiko, dimana NN mengimplementasikan minimasi risiko empiris untuk meminimalkan *error* pada data latih, sedangkan SVM mengimplementasikan prinsip *Structural Risk Minimization* dengan membentuk sebuah *hyper plane* yang terpisah secara optimal dalam ruang fitur tersembunyi menggunakan pemrograman kuadratis untuk menemukan solusi yang unik.

Dalam area *bankruptcy prediction*, Shin (2005) mengembangkan model *bankruptcy prediction* yang menggunakan SVM sebagai klasifiernya. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa model yang menggunakan SVM dapat mengungguli performa model yang mengandalkan *Back Propagation Network* [17]. Kemudian, Min (2006) menggunakan kombinasi dari *Genetic Algorithm* dan *Support Vector Machine* dalam mengembangkan model *bankruptcy prediction*. Hasilnya

yang didapatkan adalah penggunaan GA terbukti efektif dalam menemukan subset fitur dan parameter yang optimal dalam SVM, sehingga mampu meningkatkan akurasi prediksi kebangkrutan yang dilakukan oleh model [8]. Yang (2011) mencoba untuk mengembangkan model *bankruptcy prediction* dengan mengkombinasikan *Partial Least Squares* dengan SVM, dimana PLS difokuskan dalam pemilihan fitur. Hasil yang didapatkan adalah model kombinasi PLS-SVM dapat mengungguli performa model yang dikembangkan menggunakan ANN [3]. Chauduri (2011) mengembangkan model *bankruptcy prediction* dengan mengintegrasikan fungsi keanggotaan fuzzy dengan SVM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang dihasilkan dapat lebih diandalkan untuk mengekstraks informasi penting dari data-data perusahaan jika dibandingkan dengan metode tradisional *bankruptcy prediction* [1]. Erdogan (2013) menggunakan SVM dengan kernel Gaussian untuk memprediksi kebangkrutan perusahaan berdasarkan dataset dari bank komersial Turki. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang dikembangkan dapat mengekstraks informasi yang berguna dari data finansial serta dapat digunakan sebagai bagian dari sistem peringatan awal [9]. Kemudian, Lu (2014) mengembangkan model *bankruptcy prediction* dengan menggunakan kombinasi dari hybrid switching PSO dan algoritma SVM, lalu membandingkan model yang dihasilkan dengan model yang berasal dari SVM murni, GA-SVM, serta PSO-SVM. Hasil yang didapatkan adalah model yang dikembangkan dapat mengungguli model pembandingnya, serta akurasi model yang didapatkan mencapai lebih dari 99% [12]. Horak (2020) membandingkan model *bankruptcy prediction* yang dikembangkan menggunakan SVM dengan ANN, meskipun hasil penelitian menunjukkan model SVM memiliki akurasi prediksi yang lebih tinggi, model ANN dinyatakan lebih cocok diterapkan pada masalah prediksi kebangkrutan di dunia nyata [4].

Penggunaan teknik *deep learning* dalam pengembangan model *bankruptcy prediction* masih terbilang cukup baru. Hosaka (2018) mengembangkan metode yang mengaplikasikan *Convolution Neural Network* dalam model *bankruptcy prediction*, dimana rasio finansial direpresentasikan sebagai gambar *grayscale*. Tiap rasio berkorespondensi kepada posisi tetap sebuah piksel, dan gambar yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai data latih untuk CNN. Model yang dihasilkan berpotensi untuk diaplikasikan kepada data numerik umum dalam konteks selain *bankruptcy prediction*, namun sayangnya peneliti mengakui bahwa metode yang diajukan tidak cocok untuk tujuan penyelidikan penyebab kebangkrutan [5]. Mai (2018) menggunakan model *textual disclosure*, dimana peneliti mencoba menggabungkan dua jenis data input dalam pengembangan model *deep learning bankruptcy prediction*, yaitu data terstruktur (basis akuntansi dan basis pasar) serta data tidak terstruktur (MD&A dari 10-K *filling*). Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah pengintegrasian *textual disclosure* ke dalam model risiko dapat memberikan insight yang cukup bagus [14].

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian kali ini, akan digunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR). Khan, Kunz, Kleijnen, dan Antes (2003) dalam Firda (2020) menyatakan bahwa ada lima tahapan dalam melaksanakan tinjauan pustaka, yaitu:

(1) merumuskan pertanyaan penelitian; (2) mencari artikel; (3) mengevaluasi artikel; (4) meringkas artikel; dan (5) menginterpretasikan temuan artikel [18].

Penelitian ini menggunakan jurnal-jurnal resmi yang diseleksi berdasarkan aspek-aspek: (1) penggunaan teknik *machine learning* dan *deep learning* dalam pengembangan model *bankruptcy prediction*; (2) kelebihan dan kekurangan teknik *machine* dan *deep learning* dalam pengembangan model *bankruptcy prediction*. Pencarian jurnal literatur dilakukan melalui database ScienceDirect, researchgate, serta google scholar. Kata kunci yang digunakan untuk mencari jurnal literatur antara lain: *bankruptcy prediction*, *bankruptcy prediction application*, *machine learning application on bankruptcy prediction*, *support vector machine on bankruptcy prediction*, *deep learning on bankruptcy prediction*, *artificial neural network*, *principle component analysis*.

Setelah proses pencarian jurnal yang relevan dengan topik selesai, dilakukan proses evaluasi terhadap hasil pencarian literatur. Literatur yang didapatkan kemudian diseleksi kembali sehingga memenuhi beberapa kriteria yang dijadikan standar pokok dalam penelitian ini. Kriteria yang dimaksud antara lain: (1) literatur sesuai dengan topik dan aspek utama yang telah ditentukan; (2) literatur berupa jurnal resmi yang diterbitkan dalam kurun tahun 2005 hingga 2020;

dan (3) literatur berupa jurnal dapat diakses oleh masyarakat umum atau merupakan hasil prosiding.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bankruptcy prediction telah lama menjadi topik yang menarik untuk dibahas, khususnya dalam area akunting finansial, serta ilmu komputer. Seiring perkembangan teknologi, banyak peneliti yang turut mengembangkan model *bankruptcy prediction* menggunakan teknik *machine learning* serta *deep learning*. Berdasarkan hasil kajian literatur, dirumuskan pertanyaan penelitian yaitu: (1) bagaimana penggunaan teknik *machine learning* dan *deep learning* dalam pengembangan model *bankruptcy prediction*? (2) bagaimana kelebihan dan kekurangan teknik *machine* dan *deep learning* dalam pengembangan model *bankruptcy prediction*?

Setelah proses perumusan pertanyaan penelitian, dilakukan pencarian literatur berupa jurnal penelitian berdasarkan aspek, jenis *database*, dan kata kunci yang telah ditentukan. Tahap selanjutnya adalah evaluasi terhadap hasil pencarian literatur. Pada tahap ini diperoleh X jurnal yang dapat menjawab pertanyaan penelitian untuk dikaji lebih dalam. Ringkasan hasil evaluasi dipaparkan pada tabel 1.

TABEL 1. MATRIKS LITERATUR REVIEW DAN ANALISA HASIL PENELITIAN BANKRUPTCY PREDICTION

Referensi	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran atau Kelemahan
(Horak et al., <i>Support Vector Machine Methods and Artificial Neural Networks Used for the Development of Bankruptcy Prediction Models and their Comparison</i> , 2020)	Melakukan pengembangan model prediksi kebangkrutan serta membandingkan hasil antara penggunaan metode klasifikasi yang berbeda, yaitu <i>Support Vector Machine</i> dan <i>Artificial Neural Network</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Dihasilkan total 6 model yang dibuat yaitu: 1 SVM dan 5 NN yang kemudian dibandingkan satu sama lain - Hasil penelitian menunjukkan bahwa yang paling berhasil diterapkan dalam praktik adalah model NN 2.MLP 22-9-2 - Model SVM memberikan akurasi yang lebih tinggi namun model tidak dapat digunakan secara penuh dalam praktiknya 	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil akurasi prediksi perusahaan dalam likuidasi lebih rendah 8% dibandingkan dengan perusahaan aktif oleh model SVM - Disarankan untuk melakukan pemilihan subset fitur sebelum pengaplikasian algoritma SVM - Fokus ke depan lebih baik untuk mengumpulkan data selain yang berasal dari informasi laporan keuangan
(Hosaka, <i>Bankruptcy Prediction using imaged financial ratios and convolutional neural networks</i> , 2019)	Melakukan aplikasi <i>Convolutional Neural Networks</i> ke dalam prediksi kebangkrutan. Sejumlah rasio finansial ditransformasikan ke dalam gambar yang berkorespondensi terhadap sebuah piksel, kemudian gambar yang dihasilkan digunakan sebagai data latih untuk CNN	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis yang telah dilakukan mengindikasikan bahwa model yang dibuat dapat mengungguli metode konvensional seperti CART, LDA, SVM, MLP, AdaBoost, dan skor Altman-Z - Metode yang diajukan (konversi rasio finansial ke dalam gambar) berpotensi untuk diaplikasikan kepada data numerik selain prediksi kebangkrutan yang lebih umum serta beragam - Berbeda dengan metode konvensional, sulit diketahui rasio finansial mana yang memiliki pengaruh lebih kuat terhadap prediksi kebangkrutan, oleh karena itu peneliti mengakui bahwa metode yang diajukan tidak cocok untuk tujuan investigasi penyebab kebangkrutan 	<ul style="list-style-type: none"> - Meskipun metode yang diajukan cukup menarik perhatian, sayangnya metode tersebut tidak cocok digunakan untuk menginvestigasi penyebab kebangkrutan - Masih terdapat beberapa masalah yang belum terpecahkan, contohnya adalah pengaruh penggunaan proporsi yang berbeda antara data sintesis dan data nyata untuk tiap kelas sebaiknya diteliti kembali secara lebih dalam. - Perlu diverifikasi kembali apabila penggunaan konfigurasi jaringan yang lain lebih efektif dalam prediksi kebangkrutan karena struktur jaringan yang digunakan dalam penelitian masih berdasarkan GoogLeNet

serta tidak diseleksi melalui pertimbangan teoritis mendalam

(Mai et al, <i>Deep learning models for bankruptcy prediction using textual disclosures</i> , 2019)	Melakukan aplikasi metode deep learning untuk memprediksi kebangkrutan dan menilai kekuatan prediktif dari data tekstual. Fokus penelitiannya adalah menggunakan pendekatan <i>deep learning</i> untuk memprediksi kebangkrutan perusahaan menggunakan <i>textual disclosures</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Berdasarkan hasil penelitian, nilai AUC untuk model data untuk prediksi 1 tahun ke depan, berdasarkan model yang digunakan, adalah antara 0.711 dan 0.784 - Pengintegrasian <i>textual disclosure</i> ke dalam model risiko dapat memberikan insight yang menarik 	<ul style="list-style-type: none"> - Masih terdapat beberapa kekurangan dalam model sehingga membutuhkan penelitian lebih lanjut, seperti model sulit untuk diinterpretasikan, penelitian hanya menggunakan MD&A sebagai sumber utama data tidak terstruktur, dan masih banyak model <i>deep learning</i> yang belum dipelajari dalam penelitian yang dilakukan - Disarankan untuk memperbanyak sumber data tidak terstruktur, menggunakan teknik <i>Long Short Term Memory</i>, melakukan pertimbangan <i>H-measure</i> dalam penelitian lebih lanjut
(Pranav Naidu & Govinda, <i>Bankruptcy Prediction Using Neural Network</i> , 2018)	Melakukan pengembangan model prediksi kebangkrutan menggunakan algoritma pembelajaran <i>Random Forest</i> dan <i>Artificial Neural Network</i> , selain itu kumpulan data yang akan didapatkan digunakan untuk menganalisis dan hasil analisis model tradisional akan dianggap sebagai tolok ukur perbandingan terhadap kinerja model prediksi yang diajukan	<ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan <i>Neural Networks</i> dengan fungsi aktivasi sigmoidal menghasilkan <i>error</i> sebesar 4.4349% setelah 150 epoch - Hasil klasifikasi <i>random forest</i> dinilai cukup mengecewakan karena tingkat kesalahan yang lebih tinggi dibandingkan metode yang sebelumnya, yaitu sebesar 5.1954% - <i>Neural Networks</i> disimpulkan lebih dapat diandalkan dalam memprediksi kebangkrutan perusahaan 	<ul style="list-style-type: none"> - Modifikasi parameter algoritma <i>Neural Network</i> kurang tepat sehingga hasil relatif mengecewakan - Atribut <i>EBIT</i>, <i>Solvency</i>, dan <i>Liquidity Ratio</i> yang diajukan untuk prediksi dinilai independen terhadap satu sama lain sehingga penggunaan parameter tersebut untuk prediksi kebangkrutan kurang lebih dibenarkan - Disarankan untuk melakukan pemilihan subset fitur sebelum pengaplikasian algoritma klasifikasi
(Lu et al, <i>A Hybrid Switching PSO Algorithm and Support Vector Machines for Bankruptcy Prediction</i> , 2015)	Melakukan pengembangan model prediksi kebangkrutan menggunakan SVM yang diaugmentasikan dengan SPSO	<ul style="list-style-type: none"> - Algoritma yang diajukan (SPSOSVM) memberikan hasil performa akurasi prediksi sebesar 99.2063% menggunakan parameter $c = 0.57621$ dan $\gamma = 0.3395$ - SPSOSVM memiliki akurasi prediksi tertinggi dibandingkan dengan model yang lain yaitu SVM, GASVM, dan PSO-SVM 	<ul style="list-style-type: none"> - Disarankan untuk mengembangkan model hasil penelitian lebih lanjut dengan mengaugmentasikan teknik <i>deep learning</i> ke dalam model
(Moradi et al, <i>An Application of Support Vector Machines in Bankruptcy Prediction; Evidence from Iran</i> , 2012)	Melakukan penelitian menggunakan efisiensi perusahaan sebagai variabel prediktor bersamaan dengan rasio finansial tradisional yang independen untuk memprediksi kebangkrutan perusahaan	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil penelitian menunjukkan bahwa memasukkan efisiensi sebagai metode prediksi tidak merubah performa model secara esensial - Meskipun terdapat peningkatan akurasi prediksi rata-rata dari SVM dibandingkan dengan MDA menggunakan efisiensi, karena tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua model, pendapat untuk performa yang lebih baik pada model yang diajukan tidak dimungkinkan 	<ul style="list-style-type: none"> - Disarankan untuk menggunakan variabel non-finansial seperti kestabilan politik, kebebasan sipil dan ekonomi, kualitas peraturan Birokrasi, dan lain sebagainya - Disarankan menggunakan metode prediksi yang lain seperti fuzzy SVM, <i>fuzzy DEA</i>, pendekatan DEA-DA untuk meningkatkan akurasi prediksi
(Chauduri & De, <i>Fuzzy Support Machine for</i>	Melakukan aplikasi dan investigasi keefektivan SVM dan fungsi	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil penelitian menunjukkan bahwa FSVM dapat lebih diandalkan untuk mengekstraks informasi yang berguna 	<ul style="list-style-type: none"> - Disarankan untuk memperbanyak model perbandingan untuk komparasi

<i>bankruptcy prediction</i> , 2011)	keanggotaan <i>fuzzy</i> yang ditanamkan ke dalamnya sehingga berlanjut ke pengembangan <i>Fuzzy Support Machine</i> untuk analisis kebangkrutan perusahaan	dari data perusahaan dibandingkan dengan metode prediksi kebangkrutan tradisional - FSVM yang digunakan dalam sistem rating internal bank dapat meningkatkan transparansi dan akurasi sistem - Berdasarkan penelitian komparatif yang telah dilakukan, FSVM terbukti efektif dalam menemukan subset fitur dan parameter yang optimal sehingga dapat meningkatkan prediksi kebangkrutan - FSVM memiliki kekuatan klustering yang lebih kuat dibandingkan PNN	kinerja FSVM selain <i>Neural Network</i>
(Min et al, <i>Hybrid genetic algorithms and support vector machines for bankruptcy prediction</i> , 2006)	Melakukan pengembangan model <i>bankruptcy prediction</i> dengan cara meningkatkan performa algoritma SVM melalui aspek pemilihan fitur subset dan optimasi parameter. <i>Genetic Algorithm</i> dipilih untuk meningkatkan kedua aspek yang dimaksud	- Model yang diajukan dievaluasi menggunakan dataset nyata dan dibandingkan dengan model-model lain - Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang diajukan efektif dalam menemukan subset fitur dan parameter yang optimal untuk SVM, serta dapat meningkatkan akurasi prediksi kebangkrutan - Hasil menunjukkan bahwa pemilihan subset fitur memiliki pengaruh terhadap parameter kernel yang tepat serta sebaliknya	- Disarankan untuk lebih mengoptimalkan fungsi kernel, parameter, dan subset fitur secara simultan di masa depan - Disarankan untuk memperluas pengaplikasian model pada masalah pemelihan instance

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian SLR yang telah dilakukan, ditemukan berbagai fakta menarik dari berbagai jurnal yang telah diteliti. Teknik *machine learning* dan *deep learning* yang digunakan dalam pengembangan model *bankruptcy prediction* sebagian besar memberikan hasil performa yang lebih memuaskan dibandingkan dengan model yang dikembangkan menggunakan teknik statistika klasik. Selain itu, kedua teknik juga membantu peneliti menemukan fakta baru yang terdapat dalam data dimana fakta-fakta tersebut belum bisa ditemukan melalui teknik statistika. Dalam penelitian *bankruptcy prediction* model yang telah dilakukan, teknik *machine learning* yang menggunakan algoritma SVM merupakan algoritma yang paling banyak digunakan karena kehandalan yang dimiliki. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa algoritma SVM memberikan hasil performa akurasi model yang lebih baik dibandingkan model-model lain. Dalam penelitian lebih lanjut, penggunaan teknik *deep learning* dalam pengembangan model *bankruptcy prediction* ternyata juga memberikan hasil yang tak kalah menarik. Terlepas dari kelebihan yang dimiliki, kedua teknik masih jauh dari kata sempurna. Model yang dikembangkan menggunakan teknik *machine learning* masih memiliki banyak keterbatasan, sedangkan model pengembangan teknik *deep learning* masih sulit diinterpretasikan dan diaplikasikan ke dalam masalah nyata. Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan model *bankruptcy prediction* yang lebih lanjut dirasa perlu untuk terus dilanjutkan di masa depan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Chaudhuri and K. De, "Fuzzy Support Vector Machine for bankruptcy prediction," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 11, no. 2, pp. 2472–2486, 2011, doi: 10.1016/j.asoc.2010.10.003.
- [2] W. C. Lin, Y. H. Lu, and C. F. Tsai, "Feature selection in single and ensemble learning-based bankruptcy prediction models," *Expert Syst.*, vol. 36, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: 10.1111/exsy.12335.
- [3] Z. Yang, W. You, and G. Ji, "Using partial least squares and support vector machines for bankruptcy prediction," *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 7, pp. 8336–8342, 2011, doi: 10.1016/j.eswa.2011.01.021.
- [4] J. Horak, J. Vrbka, and P. Suler, "Support Vector Machine Methods and Artificial Neural Networks Used for the Development of Bankruptcy Prediction Models and their Comparison," *J. Risk Financ. Manag.*, vol. 13, no. 3, p. 60, 2020, doi: 10.3390/jrfm13030060.
- [5] T. Hosaka, "Bankruptcy prediction using imaged financial ratios and convolutional neural networks," *Expert Syst. Appl.*, vol. 117, pp. 287–299, 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2018.09.039.
- [6] N. Wang, "Bankruptcy Prediction Using Machine Learning," *J. Math. Financ.*, vol. 07, no. 04, pp. 908–918, 2017, doi: 10.4236/jmf.2017.74049.
- [7] Y. Qu, P. Quan, M. Lei, and Y. Shi, "Review of bankruptcy prediction using machine learning and deep learning techniques," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 162, no. Itqm 2019, pp. 895–899, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.12.065.
- [8] S. H. Min, J. Lee, and I. Han, "Hybrid genetic algorithms and support vector machines for bankruptcy prediction," *Expert Syst. Appl.*, vol. 31, no. 3, pp. 652–660, 2006, doi: 10.1016/j.eswa.2005.09.070.
- [9] B. E. Erdogan, "Prediction of bankruptcy using support vector machines: An application to bank bankruptcy," *J. Stat. Comput. Simul.*, vol. 83, no. 8, pp. 1543–1555, 2013, doi: 10.1080/00949655.2012.666550.

- [10] A. George, "Anomaly Detection based on Machine Learning Dimensionality Reduction using PCA and Classification using SVM," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 47, no. 21, pp. 5–8, 2012, doi: 10.5120/7470-0475.
- [11] N. Chauhan, V. Ravi, and D. Karthik Chandra, "Differential evolution trained wavelet neural networks: Application to bankruptcy prediction in banks," *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 4, pp. 7659–7665, 2009, doi: 10.1016/j.eswa.2008.09.019.
- [12] Y. Lu, J. Zhu, N. Zhang, and Q. Shao, "A hybrid switching PSO algorithm and support vector machines for bankruptcy prediction," *Proc. - 2014 Int. Conf. Mechatronics Control. ICMC 2014*, no. Icmc, pp. 1329–1333, 2015, doi: 10.1109/ICMC.2014.7231768.
- [13] G. Pranav Naidu and K. Govinda, "Bankruptcy prediction using neural networks," *Proc. 2nd Int. Conf. Inven. Syst. Control. ICISC 2018*, no. Icisc, pp. 248–251, 2018, doi: 10.1109/ICISC.2018.8399072.
- [14] F. Mai, S. Tian, C. Lee, and L. Ma, "Deep learning models for bankruptcy prediction using textual disclosures," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 274, no. 2, pp. 743–758, 2019, doi: 10.1016/j.ejor.2018.10.024.
- [15] E. Triandini, S. Jayanatha, A. Indrawan, G. Werla Putra, and B. Iswara, "Metode Systematic Literature Review untuk Identifikasi Platform dan Metode Pengembangan Sistem Informasi di Indonesia," *Indones. J. Inf. Syst.*, vol. 1, no. 2, p. 63, 2019, doi: 10.24002/ijis.v1i2.1916.
- [16] J. H. Min and Y. C. Lee, "Bankruptcy prediction using support vector machine with optimal choice of kernel function parameters," *Expert Syst. Appl.*, vol. 28, no. 4, pp. 603–614, 2005, doi: 10.1016/j.eswa.2004.12.008.
- [17] K. S. Shin, T. S. Lee, and H. J. Kim, "An application of support vector machines in bankruptcy prediction model," *Expert Syst. Appl.*, vol. 28, no. 1, pp. 127–135, 2005, doi: 10.1016/j.eswa.2004.08.009.
- [18] G. F. Khairunnisa and Y. I. N. Ilmi, "Media Pembelajaran Matematika Konkret Versus Digital: Systematic Literature Review di Era Revolusi Industri 4.0," *J. Tadris Mat.*, vol. 3, no. 2, pp. 131–140, 2020, doi: 10.21274/jtm.2020.3.2.131-140.