

Penentuan Nilai *Alpha* Pada *Double Exponential Smoothing Brown* Dengan *Evolutionary Algorithm* & *Excel Solver*
(Studi Kasus: Peramalan Penerimaan Pajak Pemerintah Pusat Indonesia)

Ekra Sanggala

Program Studi D4 Logistik Bisnis, Universitas Logistik & Bisnis Internasional
Jl. Sari Asih No.54 Bandung
Email: ekrasanggala@mail.ru

ABSTRAK

Peramalan adalah proses membuat prediksi masa depan berdasarkan data masa lalu dan data masa sekarang. *Double Exponential Smoothing Brown (DES Brown)* merupakan sebuah *Linear Model* yang dikembangkan oleh *Robert Goodell Brown* pada tahun 1956. Nilai parameter *alpha* yang baik adalah yang menghasilkan nilai *error* kecil. *Evolutionary Algorithm (EA)* merupakan sebuah *metaheuristic* yang dapat diaplikasikan pada berbagai permasalahan optimasi, termasuk mengoptimasi nilai parameter *alpha* pada *DES Brown*. *Solver* merupakan *Excel Add-In* untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. Dengan adanya kemampuan *EA* untuk mengoptimasi nilai parameter *alpha* pada *DES Brown*, dan *Solver* yang mampu menjalankan *EA*, maka dapat disimpulkan bahwa penentuan parameter *alpha* pada *DES Brown* dapat dilakukan dengan memanfaatkan *Solver*. Kasus “Peramalan Penerimaan Pajak Pemerintah Pusat Indonesia” dapat dijadikan sebagai tempat untuk menguji kemampuan *DES Brown*, *EA* dan *Solver*. Untuk kasus tersebut, berdasarkan hasil penyelesaian dengan *DES Brown*, *EA* dan *Solver*, nilai *alpha* terbaiknya adalah 0,365904469725856 dengan nilai *MAPE* sebesar 4,41881238122180%.

Kata kunci: Peramalan, *DES Brown*, *Alpha*, *Evolutionary Algorithm*, *Excel Solver*

ABSTRACT

Forecasting is the process of making future predictions based on past and present data. Double Exponential Smoothing Brown (DES Brown) is a Linear Model found by Robert Goodell Brown in 1956. A good alpha parameter value is one that produces a low error value. Evolutionary Algorithm (EA) is a metaheuristic that can be applied to various optimization problems, including optimizing the alpha parameter value in DES Brown. Solver is Excel Add-In for solving optimization problems. With the EA's ability to optimize the alpha parameter value and Solver being able to run EA, it can be concluded that optimizing the alpha parameter value can be done by utilizing Solver. Case "Peramalan Penerimaan Pajak Pemerintah Pusat Indonesia" can be a place for testing the ability of DES Brown, EA and Solver. For this case, based on the results of solving with DES Brown, EA and Solver, the best alpha value is 0,365904469725856 with a MAPE value of 4,41881238122180%.

Keywords: *Forecasting, DES Brown, Alpha, Evolutionary Algorithm, Excel Solver*

Pendahuluan

Peramalan adalah proses membuat prediksi masa depan berdasarkan data masa lalu dan data masa sekarang (Juni, 2017). Beberapa metode peramalan antara lain *Double Exponential Smoothing Brown*, *Double Exponential Smoothing Holt*, *Linear Regression* dan *Double Moving Average* (Jannahti et al., 2023).

Double Exponential Smoothing Brown (DES Brown) merupakan sebuah *Linear Model* yang dikembangkan oleh *Robert Goodell Brown* pada tahun 1956, yaitu dengan satu parameter (parameter *alpha*) menambahkan *smoothing* (pemulusan) untuk nilai-nilai pada *smoothing* pertama, dengan demikian terjadi dua kali (*double smoothing*). Nilai parameter *alpha* yang baik adalah yang menghasilkan nilai *error* kecil, sehingga semakin kecil nilai *error* maka semakin baik nilai *alpha* (Hyndman et al., 2008).

Evolutionary Algorithm (EA) merupakan sebuah *metaheuristic* yang dapat diaplikasikan pada berbagai permasalahan optimasi, termasuk mengoptimasi nilai parameter *alpha* pada *DES Brown*. *Evolutionary Algorithm* merupakan sebuah *metaheuristic* yang terinspirasi dari teori evolusi, dimana individu yang terkuat akan bertahan hidup (Badar, 2021).

Solver merupakan *Excel Add-In* untuk menyelesaikan permasalahan optimasi, yang bertugas untuk menemukan nilai-nilai untuk sekumpulan variabel keputusan dengan tujuan memaksimalkan atau meminimumkan fungsi tujuan (Selvi et al., 2022), dengan adanya kemampuan *Evolutionary Algorithm* untuk mengoptimasi nilai parameter *alpha* pada *DES Brown*, dan *Solver* yang mampu menjalankan *Evolutionary Algorithm*, maka dapat disimpulkan bahwa penentuan parameter *alpha* pada *DES Brown* dapat dilakukan dengan memanfaatkan *Solver*.

Kemampuan *Evolutionary Algorithm* dan *Solver* dalam mengoptimasi nilai parameter *alpha* pada *DES Brown* perlu diuji, agar dapat dibuktikan kemampuannya dalam mengoptimasi nilai parameter *alpha* pada *DES Brown*. Untuk membuktikan kemampuan tersebut akan diperlukan sebuah kasus peramalan yang akan diselesaikan oleh *DES Brown*, *Evolutionary Algorithm* dan *Solver*.

Kasus “Peramalan Penerimaan Pajak Pemerintah Pusat Indonesia” merupakan sebuah kasus peramalan yang dapat dijadikan sebagai tempat untuk menguji kemampuan *DES Brown*, *Evolutionary Algorithm* dan *Solver*. Target penerimaan perpajakan dalam APBN akan menjadi acuan dan ukuran performa pemerintah dalam menghasilkan besaran penerimaan perpajakan selama satu tahun, sehingga ketepatan penetapan angka target penerimaan pajak merupakan hal yang sangat penting untuk mendorong terwujudnya pengelolaan fiskal yang sehat, berkualitas dan berkelanjutan. Oleh karena itu, peramalan model penerimaan pajak dapat dipergunakan sebagai salah satu *tools* dalam pengambilan kebijakan, yaitu sebagai angka dasar penerimaan pajak (Suprayogi, 2022), dengan demikian pada *paper* ini akan dibahas mengenai penentuan nilai *alpha* pada *DES Brown* dengan *Evolutionary Algorithm & Excel Solver* untuk kasus “Peramalan Penerimaan Pajak Pemerintah Pusat Indonesia”. Kualitas nilai *alpha* yang dihasilkan, akan dibandingkan dengan kualitas nilai *alpha*=0,4 (Suprayogi, 2022).

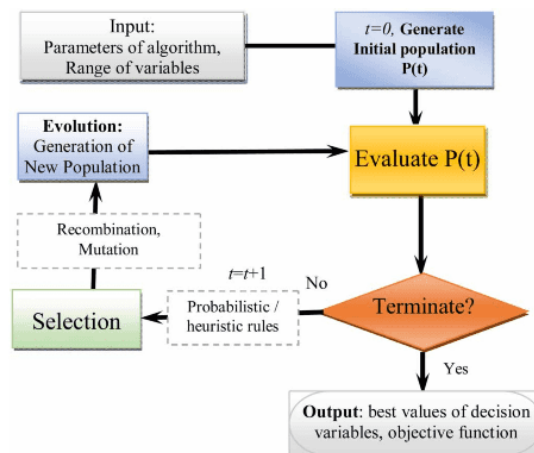
Metode Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini:

1. Menentukan sebuah kasus peramalan yang akan digunakan untuk menguji *Double Exponential Smoothing Brown*, *Evolutionary Algorithm & Solver* dalam menentukan nilai *alpha*.
2. Membuat *Spreadsheet* untuk menghitung peramalan dengan *Double Exponential Smoothing Brown*.
3. Pada *Solver* dimasukkan *objective function* dan *constraints* dari kasus peramalan yang akan diselesaikan.
4. Menjalankan *Solver* sebanyak 10 kali.

Evolutionary Algorithm

Evolutionary Algorithm merupakan sebuah *metaheuristic* yang dapat diaplikasikan pada berbagai permasalahan optimasi, termasuk mengoptimasi nilai parameter *alpha* pada *DES Brown*. *Evolutionary Algorithm* merupakan sebuah *metaheuristic* yang terinspirasi dari teori evolusi, dimana individu yang terkuat yang akan bertahan hidup. *Evolutionary Algorithm* terdiri dari sekumpulan individu yang disebut populasi, setiap individu mewakili sebuah *feasible solution*. Individu-individu pada generasi awal dibentuk dengan cara *random* dan akan mengalami proses *selection*, *recombination* dan *mutation* sehingga menghasilkan individu-individu baru yang akan hidup pada generasi selanjutnya, proses ini akan terus berlangsung hingga sejumlah generasi. Proses-proses tersebut dilakukan dengan cara mengevaluasi nilai *fitness* (kekuatan) setiap individu. Individu-individu dengan nilai *fitness* lebih baik akan terpilih untuk dikombinasikan hingga diharapkan dapat menghasilkan individu-individu baru yang mempunyai nilai *fitness* yang lebih baik. Setelah melalui sejumlah generasi, nilai *fitness* akan konvergen pada sebuah nilai, dan individu dengan nilai *fitness* terbaik akan menjadi solusi (Badar, 2021).



Gambar 1. Struktur Sebuah *Evolutionary Algorithm* (Janga Reddy & Nagesh Kumar, 2020)

Berikut ini merupakan langkah-langkah utama pada *Evolutionary Algorithm* (Janga Reddy & Nagesh Kumar, 2020):

1. Secara *random* bangkitkan individu-individu sebagai populasi awal.
2. Evaluasi nilai *fitness* setiap individu.
3. Ulangi langkah-langkah evolusi hingga kriteria selesai terpenuhi:
 - (a) Pilih individu-individu untuk melakukan reproduksi.
 - (b) Lakukan *genetic operations* untuk menghasilkan keturunan.
 - (c) Evaluasi nilai *fitness* setiap keturunan.
 - (d) Individu-individu dengan nilai *fitness* terlemah diganti oleh individu-individu baru yang mempunyai nilai *fitness* terkuat.
4. Diperoleh solusi berdasarkan individu dengan nilai *fitness* terkuat.

Solver

Solver merupakan *Excel Add-In* untuk menyelesaikan permasalahan optimasi, yang bertugas untuk menemukan nilai-nilai untuk sekumpulan variabel keputusan dengan tujuan memaksimalkan atau meminimumkan fungsi tujuan. *Solver* menggunakan beberapa algoritma untuk menemukan nilai optimal yang akan digunakan pada variabel-variabel keputusan. Tiga algoritma tersebut adalah sebagai berikut ini (Agrawal et al., 2022):

- (a) *Linear Programming Simplex*
- (b) *GRG Nonlinear*
- (c) *Evolutionary Algorithm*

Penerimaan Pajak Pemerintah Pusat Indonesia

Berikut ini merupakan data penerimaan pajak Indonesia mulai tahun 2009 sampai dengan tahun 2021 (Suprayogi, 2022):

Tabel 1. Data Penerimaan Pajak Indonesia Tahun 2009-2021

Tahun	Penerimaan Pajak (Milyar Rupiah)
2009	619.922,2
2010	723.306,7
2011	873.873,9
2012	980.518,1
2013	1.077.306,7
2014	1.146.865,8
2015	1.240.418,9
2016	1.284.970,1
2017	1.343.529,8
2018	1.518.789,9
2020	1.285.136,3
2021	1.547.841,1

Double Exponential Smoothing Brown

Double Exponential Smoothing Brown (DES Brown) merupakan sebuah *Linear Model* yang dikembangkan oleh *Robert Goodell Brown* pada tahun 1956. Metode ini digunakan ketika data menunjukkan adanya *trend*. *Trend* adalah estimasi yang dihaluskan dari pertumbuhan rata-rata pada akhir masing-masing periode. Dengan analogi yang dipakai pada waktu berangkat dari rata-rata bergerak tunggal (*Single Moving Average*) ke *Single Exponential Smoothing* maka dapat pula berangkat dari rata-rata bergerak ganda (*Double Moving Average*) ke *Double Exponential Smoothing* (Pujiati et al., 2017).

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam *Double Exponential Smoothing Brown* adalah sebagai berikut ini (Brown & Meyer, 1961):

1. Menghitung Nilai *Smoothing* Pertama (S'_t)

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \tag{1}$$
2. Menghitung Nilai *Smoothing* Kedua (S''_t)

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \tag{2}$$
3. Menghitung Nilai Konstanta (a_t)

$$a_t = 2S'_t - S''_t \tag{3}$$
4. Menghitung Nilai *Slope* (b_t)

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha}(S'_t - S''_t) \tag{4}$$
5. Menentukan Nilai Peramalan (F_{t+m})

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \tag{5}$$

Untuk dapat menggunakan persamaan-persamaan tersebut, maka nilai S'_{t-1} dan S''_{t-1} harus ada, tetapi pada saat $t = 1$ nilai-nilai tersebut tidak ada, agar dapat mengatasi masalah ini maka dapat dilakukan dengan menentukan nilai S'_1 dan S''_1 sama dengan nilai X_1 (data aktual) (Rafferty, 2021).

Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Nilai *Mean Absolute Percentage Error* menggambarkan tingkat kesalahan dalam melakukan peramalan. Dengan demikian, semakin kecil nilai *MAPE* maka semakin baik hasil peramalannya. Berikut ini merupakan persamaan dari *MAPE* (Vandeput, 2021):

$$PE_t = \left(\frac{X_t - F_t}{X_t} \right) \times 100\% \tag{6}$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \tag{7}$$

- n : Banyaknya Data
- X_t : Data Aktual Pada Periode t
- F_t : Hasil Peramalan Pada Periode t

Hasil dan Pembahasan

Spreadsheet Untuk Menghitung Peramalan Dengan DES Brown

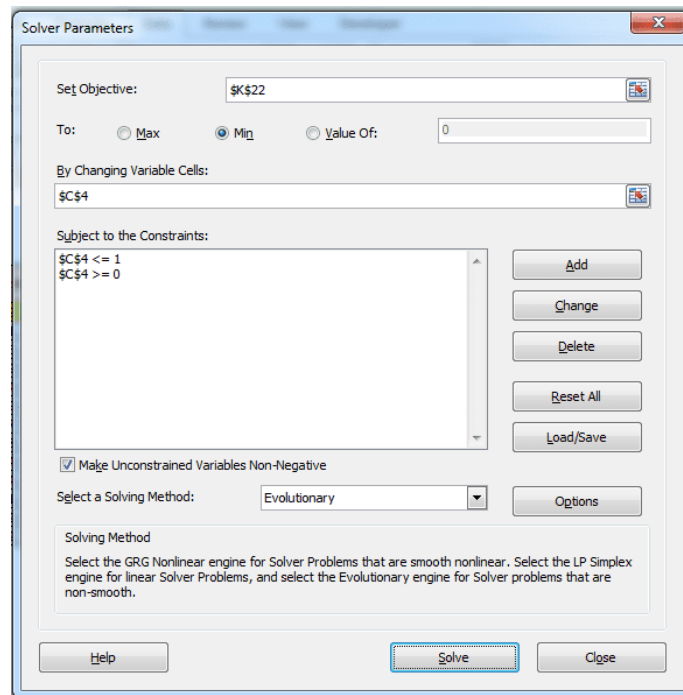
Berikut ini merupakan *Spreadsheet* untuk menghitung peramalan dengan *DES Brown*:

Tabel 2. *Spreadsheet* Untuk Menghitung Peramalan Dengan *DES Brown*
 Double Exponential Smoothing Brown

Alpha		0,4								
Tahun	Penerimaan Pajak (Milyar Rupiah)	S ^t	S ^m t	at	bt	m	Ft	e	PEt	
2009	619.922,20	619.922,20	619.922,20	619.922,20	105.014,35	1				
2010	723.306,70	661.276,00	636.463,72	686.088,28	16.541,52	1	702.629,80	20.676,90	2,8587%	
2011	873.873,90	746.315,15	680.404,30	812.226,02	43.940,58	1	856.166,60	17.707,30	2,0263%	
2012	980.518,10	839.996,34	744.241,11	935.751,56	63.836,82	1	999.588,38	-19.070,28	1,9449%	
2013	1.077.306,70	934.920,48	820.512,86	1.049.328,10	76.271,75	1	1.123.599,85	-48.293,15	4,4828%	
2014	1.146.865,80	1.019.698,61	900.187,16	1.139.210,06	79.674,30	1	1.218.884,36	-72.018,56	6,2796%	
2015	1.240.418,90	1.107.986,73	983.306,99	1.232.666,46	83.119,83	1	1.315.786,29	-75.367,39	6,0760%	
2016	1.284.970,10	1.178.780,08	1.061.496,22	1.296.063,93	78.189,24	1	1.374.253,16	-89.283,06	6,9483%	
2017	1.343.529,80	1.244.679,97	1.134.769,72	1.354.590,21	73.273,50	1	1.427.863,71	-84.333,91	6,2770%	
2018	1.518.789,90	1.354.232,90	1.222.591,39	1.486.056,41	87.821,67	1	1.573.878,08	-55.088,28	3,6271%	
2019	1.546.141,90	1.431.051,10	1.305.975,27	1.556.126,92	83.383,88	1	1.639.510,81	-93.368,91	6,0388%	
2020	1.285.136,30	1.372.685,18	1.332.659,24	1.412.711,12	26.683,96	1	1.439.395,08	-154.258,78	12,0033%	
2021	1.547.841,10	1.442.747,55	1.376.694,56	1.508.800,53	44.035,32	1	1.552.835,86	-4.994,76	0,3227%	
							1	1.552.835,86		58,8855%
								MAPE	4,5297%	

Memasukkan *Objective Function* Dan *Constraints* Pada *Solver*

Berikut ini merupakan tampilan *Solver* setelah dimasukkan *Objective Function* dan *Constraints*:



Gambar 2. *Solver* Setelah Dimasukkan *Objective Function* Dan *Constraints*

Melakukan Perhitungan Dengan Solver Sebanyak 10 Kali

Berikut ini merupakan *alpha* & *MAPE* yang dihasilkan dari 10 kali perhitungan:

Tabel 3. *Alpha* & *MAPE* Yang Dihasilkan Dari 10 Kali Perhitungan

Perhitungan	<i>Alpha</i>	<i>MAPE</i>
1	0,365904570860918	4,41881273059561%
2	0,365903947450704	4,41881445285785%
3	0,365904915232150	4,41881455517161%
4	0,365904112157564	4,41881379954118%
5	0,365904469725856	4,41881238122180%
6	0,365903982112717	4,41881431536976%
7	0,365904364861491	4,41881279717494%
8	0,365904840514608	4,41881415929833%
9	0,365904357098607	4,41881282796703%
10	0,365903928066881	4,41881452974441%

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai *alpha* yang menghasilkan nilai *MAPE* terkecil adalah 0,365904469725856 dengan nilai *MAPE* sebesar 4,41881238122180%.

Hasil Peramalan

Berikut ini merupakan hasil peramalan dengan nilai *alpha* sama dengan 0,365904469725856:

Tabel 4. Hasil Peramalan Dengan Nilai *Alpha* = 0,365904469725856
 Double Exponential Smoothing Brown

Alpha		0,365904469725856								
Tahun	Penerimaan Pajak (Milyar Rupiah)	S ^t	S ^m	at	bt	m	F ^t	e	PE _t	
2009	619.922,20	619.922,20	619.922,20	619.922,20	105.014,35	1				
2010	723.306,70	657.751,05	633.763,95	681.738,16	13.841,75	1	695.579,90	27.726,80	3,8333%	
2011	873.873,90	736.831,37	671.476,78	802.185,96	37.712,83	1	839.898,79	33.975,11	3,8879%	
2012	980.518,10	825.997,43	728.016,57	923.978,29	56.539,80	1	980.518,09	0,01	0,0000%	
2013	1.077.306,70	917.952,62	797.515,02	1.038.390,21	69.498,45	1	1.107.888,66	-30.581,96	2,8387%	
2014	1.146.865,80	1.001.712,97	872.231,96	1.131.193,98	74.716,94	1	1.205.910,93	-59.045,13	5,1484%	
2015	1.240.418,90	1.089.056,54	951.569,05	1.226.544,03	79.337,08	1	1.305.881,11	-65.462,21	5,2774%	
2016	1.284.970,10	1.160.742,19	1.028.106,43	1.293.377,94	76.537,39	1	1.369.915,33	-84.945,23	6,6107%	
2017	1.343.529,80	1.227.624,99	1.101.111,17	1.354.138,82	73.004,73	1	1.427.143,55	-83.613,75	6,2234%	
2018	1.518.789,90	1.334.163,50	1.186.386,05	1.481.940,94	85.274,89	1	1.567.215,83	-48.426,03	3,1885%	
2019	1.546.141,90	1.411.727,34	1.268.839,44	1.554.615,24	82.453,38	1	1.637.068,63	-90.926,73	5,8809%	
2020	1.285.136,30	1.365.407,11	1.304.173,98	1.426.640,24	35.334,54	1	1.461.974,79	-176.838,49	13,7603%	
2021	1.547.841,10	1.432.160,52	1.351.004,83	1.513.316,22	46.830,85	1	1.560.147,07	-12.305,97	0,7950%	
						1	1.560.147,07		57,4446%	
MAPE									4,4188%	

Simpulan

Kombinasi *Evolutionary Algorithm* dan *Solver* dapat digunakan untuk mengoptimasi nilai α dalam *Double Exponential Smoothing Brown*. Dikarenakan *Evolutionary Algorithm* bekerja dengan menggunakan nilai *random*, nilai α yang dihasilkan setiap perhitungan dapat berbeda-beda, oleh karena itu perlu dilakukan beberapa kali perhitungan agar dapat diperoleh nilai α terbaiknya. Semakin banyak perhitungan yang dilakukan, akan memperbesar peluang didapatkannya nilai α terbaik, walaupun mengakibatkan waktu penentuan nilai α terbaiknya menjadi lebih lama. Untuk kasus “Peramalan Penerimaan Pajak Pemerintah Pusat Indonesia” berdasarkan hasil penyelesaian dengan *Double Exponential Smoothing Brown*, *Evolutionary Algorithm* & *Solver*, nilai α terbaiknya adalah 0,365904469725856 dengan nilai *MAPE* sebesar 4,41881238122180%. Sedangkan hasil peramalan untuk tahun 2022 adalah 1.560.147,07 milyar rupiah. Berdasarkan nilai *MAPE*-nya maka nilai $\alpha = 0,365904469725856$ lebih baik daripada nilai $\alpha = 0,4$ karena nilai $\alpha = 0,4$ menghasilkan nilai *MAPE* yang lebih besar yaitu sebesar 4,52965004294966%.

Daftar Pustaka

- Agrawal, B., Kumar, S., & Sharma, G. (2022). Optimum solution of a transportation problem with an excel solver. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR), UGC and ISSN Approved-International Peer Reviewed Journal, Refereed Journal, Indexed Journal, Impact Factor*, 7, 1269–2348.
- Badar, A. Q. H. (2021). *Evolutionary Optimization Algorithms*. CRC Press.
- Brown, R. G., & Meyer, R. F. (1961). The fundamental theorem of exponential smoothing. *Operations Research*, 9(5), 673–685.
- Hyndman, R., Koehler, A. B., Ord, J. K., & Snyder, R. D. (2008). *Forecasting with exponential smoothing: the state space approach*. Springer Science & Business Media.
- Janga Reddy, M., & Nagesh Kumar, D. (2020). Evolutionary algorithms, swarm intelligence methods, and their applications in water resources engineering: a state-of-the-art review. *H2oj*, 3(1), 135–188.
- Jannahti, A. B., Kurniawan, A., Ramdhan, M. F., Ihsan, Y. N. I., & Hartati, V. (2023). Analisis Kebijakan Pemesanan Oli di Pembangkit Listrik Menggunakan Metode Deterministik Lot for Lot, Silver Meal & Least Unit Cost. *Jurnal Unitek*, 16(1), 7–17.
- Juni, J. (2017). Peramalan Penjualan Mie Instan Merek Sarimi Di CV Barokah Kota Dumai. *JURNAL UNITEK*, 10(1), 60–69.
- Pujiati, E., Yuniarti, D., & Goejantoro, R. (2017). Peramalan Dengan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown. *Eksponensial*, 7(1), 33–40.
- Rafferty, G. (2021). *Forecasting Time Series Data with Facebook Prophet: Build, improve, and optimize time series forecasting models using the advanced forecasting tool*. Packt Publishing Ltd.
- Selvi, A. A., Selvabharathi, S. M., & Lavanya, S. (2022). Real Life Optimization Problem using Excel and Solver. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 5(5), 155–157.
- Suprayogi, M. A. (2022). Model Double Exponential Smoothing Dalam Peramalan

- Penerimaan Pajak Pemerintah Pusat Indonesia. *Jurnal Statistika Dan Komputasi*, 1(2), 83–92.
- Vandeput, N. (2021). *Data science for supply chain forecasting*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.