

Metode *Extrem Learning Machine* untuk Meramalkan Harga Emas Harian Saat Pandemi Covid-19

Eni Farida¹, Mohamad As'ad², Sujito² dan Sigit Setyowibowoo²

¹Program Studi Sistem Informasi

²Program Studi Teknologi Informasi

Fakultas Teknik, STMIK PPKIA Pradnya Paramita

Alamat Jl. Laksda Adi Sucipto 249A Blimbing, kota Malang 65125

E-mail: eni@stimata.ac.id, asad@stimata.ac.id*, sujito@stimata.ac.id, sigit@stimata.ac.id

Abstrak

Emas merupakan logam mulia yang mempunyai dwi fungsi yaitu emas sebagai bentuk investasi dan sebagai perhiasan. Emas sebagai bentuk investasi disaat pandemi covid-19 banyak diteliti oleh para ahli. Salah satu bentuk investasi yang paling aman dan resiko yang kecil disaat pandemi covid-19 yaitu emas. Cara berinvestasi masyarakat ada bermacam-macam, bisa pakai lembaga keuangan seperti pegadaian, bank ataupun disimpan sendiri dalam bentuk perhiasan yang dipakai seperti kalung, gelang, cincin dan lain sebagainya. Dalam berinvestasi, perlu diketahui bahwa perkiraan harga emas harian untuk bertransaksi bagi masyarakat yang ingin berinvestasi atau juga ingin menjual emas yang dimiliki sangat penting. Tujuan dari penelitian ini yaitu bagaimana cara mudah mengetahui prediksi harga emas harian dengan menggunakan metode yang simpel mudah dengan tidak banyak asumsi-asumsi pengujian dalam metode tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *extrem learning machine* (ELM). Metode ELM ini tidak menggunakan asumsi-asumsi statistika. Metode ELM ini bisa di jalankan dengan paket program *open sources program* yaitu *R package statistics*, sehingga masyarakat dapat memperoleh *software* tersebut dengan mudah. Data harga emas harian merupakan data sekunder yang diperoleh secara *online* di *web investing.com*. Data yang diambil merupakan data harga emas harian di saat pandemi mulai 6 Februari 2020 sampai dengan 25 Oktober 2021 dengan jumlah data sebanyak 455 data. Data harga emas harian di analisis dengan menggunakan metode ELM. Hasil dari penelitian ini menggunakan data training dan data testing dengan perbandingan masing-masing 50%. Metode ELM yang digunakan mempunyai *single hidden layer* dengan 100 neuron dan mempunyai 3 input node serta menggunakan fungsi aktivasi sigmoid biner. Hasil peramalan harga emas harian mempunyai akurasi peramalan yaitu *root mean square error* (RMSE) sebesar 21.76795, *mean absolute square error* (MASE) sebesar 473.8438 dan *mean absolute percentage error* (MAPE) sebesar 0.008339967.

Kata kunci : peramalan harga emas harian, *extrem learning machine* (ELM), pandemi covid-19.

Pendahuluan

Emas merupakan logam mulia yang bisa berfungsi sebagai perhiasan dan juga berfungsi sebagai investasi. Berfungsi sebagai perhiasan karena sering dipakai ibu-ibu atau siapapun yang menggunakan emas bisa berupa kalung, gelang, cincin dan lain sebagainya. Emas berfungsi sebagai investasi banyak dilakukan di perbankan, pegadaian dan dilembaga keuangan yang lainnya. Emas juga sebagai perhiasan dan investasi banyak dijumpai dikalangan masyarakat untuk perhiasan dan investasi, sehingga kalau ada kebutuhan yang mendesak di jual seba-

gai pemenuhan kebutuhan tersebut, dengan kata lain emas adalah investasi barang yang mudah diuangkan.

Disaat pandemi covid-19 mulai pada akhir tahun 2019, segala aktifitas diseluruh dunia mengalami perlambatan, kemacetan bahkan negara sampai melakukan *lockdown*. Dampak dari pandemi covid-19 ini secara langsung terhadap pertumbuhan perekonomian masing-masing negara. Pertumbuhan perekonomian negara-negara di seluruh dunia mengalami kemacetan dan bahkan ada yang minus. Dalam keadaan perekonomian yang stagnan bahkan minus banyak orang atau lembaga yang

mencoba berinvestasi seperti saham, reksadana, obligasi dan emas. Dari keempat bentuk investasi tersebut, emas merupakan pilihan produk investasi keuangan dengan perolehan prosentase sebesar 78%. Untuk alasan resiko yang kecil dan jangka panjang, emas memperoleh presentase sebesar 44% [1].

Penelitian yang lain dalam kondisi pandemi covid-19 yang menyebabkan perekonomian yang stagnan bahkan minus, salah satu bentuk investasi yang aman adalah investasi emas, hal ini dikarenakan emas relatif stabil terhadap inflasi, emas relatif stabil harganya selama pandemi dan yang sangat penting bagi masyarakat emas sangat likuiditas atau mudah diuangkan [2]. Penelitian tentang harga emas harian disaat pandemi covid-19 dengan menggunakan model *Hybrid Autoregressive Integrated Moving Average - Support Vector Regression* (Hybrid ARIMA-SVR) diperoleh model terbaik ARIMA(2,1,2) – SVR Kernel RBF dengan $c = 2-0.5$, $\gamma 8.25$ dan $\epsilon = 0.02$ [2].

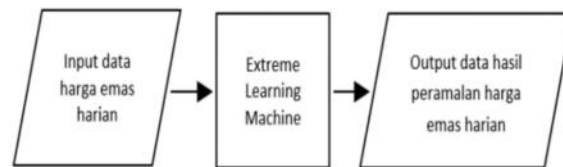
Penelitian lain tentang prediksi harga emas harian dengan menggunakan model trend deterministik menghasilkan kesimpulan bahwa model terbaik diperoleh model trend polinomial derajat dua atau disebut sebagai model trend kwadratik dengan nilai R-square sebesar 80,11 % [3]. Prediksi harga emas dunia menggunakan model ARIMA pada saat terjadinya covid-19 menghasilkan model terbaik yaitu ARIMA(0,1,1) yang berarti data mengalami *defferencing* orde satu dengan rata-rata bergerak dengan periode satu. Model ARIMA(0,1,1) menghasilkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 3,70% [4]. Dari ketiga penelitian harga emas di saat pandemi covid-19 kesemuanya menggunakan model *time series probability* dengan menggunakan asumsi-asumsi statistika.

Dari uraian diatas, penelitian ini mempunyai tujuan memprediksi harga emas harian di saat pandemi covid-19 dengan menggunakan model non probabilitas yaitu menggunakan metode *extreme learning machine* (ELM) yang termasuk dalam sekup metode *artificial neural network* (jaringan syaraf tiruan). Hal ini dilakukan karena pada metode ELM tidak ada asumsi statistika, sehingga metode yang didapat bisa digunakan untuk memprediksi harga emas harian dan bagi yang menggunakan metode ELM ini supaya tidak mendapatkan kesulitan tentang asumsi statistika. Selain hal tersebut diharapkan dengan menggunakan metode ELM ini bisa memprediksi harga emas harian dengan akurasi yang tinggi.

Metode Penelitian

Kerangka Konsep Penelitian

Pada penelitian ini kerangka konsep penelitian dapat ditunjukkan pada Gambar 1, sebagai berikut :



Gambar 1: Kerangka Konsep Penelitian

Dari Gambar 1 tentang kerangka konsep penelitian dapat dijabarkan sebagai berikut: *Input* dari kerangka konsep pada Gambar 1, merupakan data harga emas harian. Setelah ada *input* selanjutnya dilakukan proses *extreme learning machine* (ELM) hingga menghasilkan beberapa model ELM. Setelah melalui kotak proses mesin *extreme learning machine*, selanjutnya dilakukan perhitungan akurasi prediksi. Model ELM dengan akurasi prediksi terkecil terpilih sebagai model terbaik yang digunakan dalam penelitian ini. Proses selanjutnya merupakan hasil dari peramalan atau *output* hasil berupa ramalan harga emas harian.

Data Harga Emas Harian

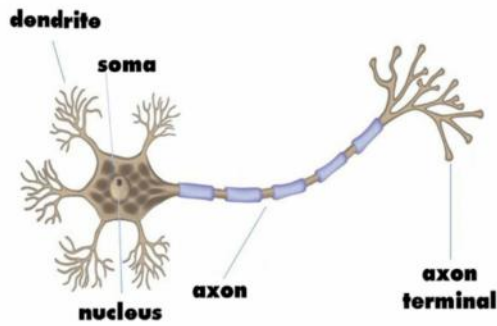
Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder harga emas harian yang diperoleh dari website: <https://id.investing.com/commodities/gold-historical-data> [5]. Data yang dipergunakan yaitu harga emas harian yang diambil dari tanggal 6 Februari 2020 sampai dengan 25 Oktober 2021. Data emas harian yang digunakan mempunyai satuan harga dollar Amerika (\$USD) per troy ons (satu troy ons seberat 31,1034768 gram) [6].

Tahap Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian prediksi harga emas harian dengan metode *extreme learning machine* (ELM) dengan bantuan *software R package statistics*. *Package* yang digunakan pada R yaitu *elmNnRcpp package*. *Extreme learning machine* (ELM) termasuk dalam metode jaringan syaraf tiruan (JST). Tahapan yang dilakukan pada analisis menggunakan *extreme learning machine* (ELM) yaitu: memilih fungsi aktivasi, normalisasi data, proses training, proses testing, denormalisasi data, menghitung akurasi peramalan [7].

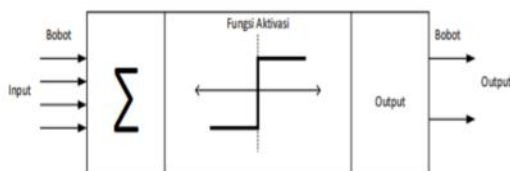
Jaringan Syaraf Tiruan

Pada penelitian ini menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) dengan metode ELM nya. JST merupakan hasil tiruan jaringan syaraf yang sesungguhnya pada manusia. Jaringan syaraf pada manusia dapat digambarkan pada Gambar 2 berikut ini:

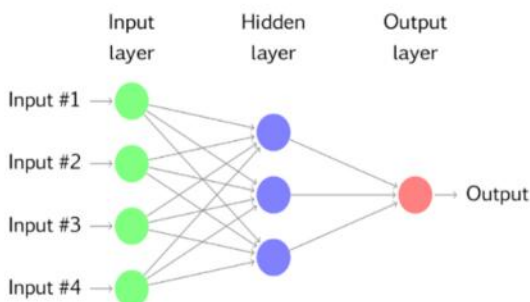


Gambar 2: Struktur dasar jaringan syaraf manusia [8].

Pemrosesan informasi pada JST mengikuti pola pada jaringan otak manusia yang sesungguhnya. Pada JST sejumlah unsur besar pemroses yang saling berhubungan bekerja selaras yang berfungsi seperti neuron pada manusia. Berikut gambaran tentang struktur JST dari Gambar 2 yang digambarkan secara blok untuk struktur jaringan syaraf tiruan seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3: Struktur jaringan syaraf tiruan (JST) [9].



Gambar 4: Model JST dengan single hidden layer [10].

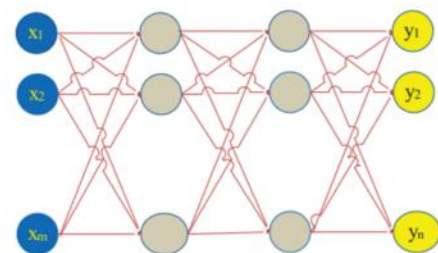
Gambar 3 merupakan gambaran jaringan syaraf tiruan (JST) yang digambarkan secara blok. Blok yang pertama dengan gambar sigma merupakan proses pembobotan dari input yang masuk. Input yang masuk berupa data harga emas harian. Selantunya blok yang tengah adalah fungsi aktifasi berupa fungsi sigmoid biner. Blok yang ketiga atau terakhir adalah blok output, yaitu proses peramalan dan hasil peramalannya berupa prediksi harga emas harian.

Secara umum ada dua model arsitektur JST yang dikenal yaitu model *single layer* (layar tung-

gal) dan *multi layer* (layar jamak). Pada penelitian ini menggunakan model arsitektur JST *single layer*. Berikut model JST dengan single layer pada Gambar 4.

Gambar 4 merupakan contoh model jaringan JST dengan 4 *node input* (berwarna hijau) mempunyai *single hidden layer* (satu layar tersembunyi, warna ungu) dengan 3 neuron (tiga bulatan warna ungu). Sedangkan output berwarna oranye satu bulatan. Untuk model JST dengan multi layer (*two layer*) seperti dicontohkan pada gambar 5 berikut:

Gambar 5 merupakan contoh gambar model JST multi *hidden layer* yang memiliki *n input layer* dengan 2 *hidden layer* (*first hidden layer* dan *second hidden layer*) yang masing-masing layer mempunyai *n* neuron dan mempunyai *n output layer*.



Gambar 5: Model JST dengan multi (two) hidden layer [11].

Model Backpropagation

Model *backpropagation* merupakan model JST untuk metode pembelajaran yang terawasi (*supervised learning*) dan model ini banyak sekali digunakan dalam JST. Model ini cukup baik karena mampu mengenali pola yang cukup kompleks. Pelatihan dengan menggunakan *backpropagation* ini meliputi tiga tahap yaitu umpan maju (*feedforward*) dari pola *input* dan penghitungan *error* serta penyesuaian bobot-bobot. Dalam model ini, *input* setiap *note* adalah kombinasi linier terboboti. Hasil kombinasi linier terboboti ini dimodifikasi oleh fungsi nonlinier menjadi *output* untuk JST. Kombinasi linier dari model ini dapat ditulis sebagai persamaan 1 berikut:

$$z_j = b_j + \sum_{i=1}^4 w_{ij}x_i \quad (1)$$

Pada persamaan 1, z_j adalah penjumlahan unit bias ke j pada *hidden layer*, yaitu bobot pada unit bias ke j , $w_{i,j}$ yaitu bobot pada lapisan ke i bias ke j , x_i yaitu input jaringan ke i .

Untuk fungsi nonlinier, fungsi aktifasi yang digunakan adalah fungsi sigmoid biner dan ditulis sebagai persamaan 2 berikut:

$$s(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (2)$$

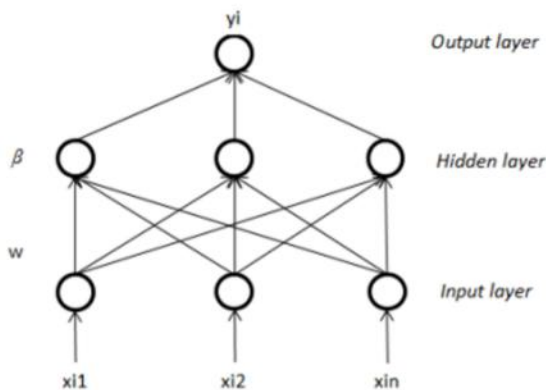
$S(z)$ merupakan fungsi aktivasi sigmoid biner dengan nilai z yang diperoleh dari persamaan 1. Fungsi sigmoid ini adalah bagian dari fungsi aktivasi *backpropogation* pada model jaringan *single layer* [10].

Model Extreme Learning Machine (ELM)

Model *Extreme Learning Machine* (ELM) merupakan *JST feedforward* (umpan maju) dengan *single hidden layer* atau lebih dikenal sebagai *Single Hidden Layer Feedforward Neural Networks* (SLFNs). Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Huang, Zhu dan Siew tahun 2004 [12].

Metode SLFNs ini dibuat untuk menyempurnakan metode sebelumnya yaitu *feed-forward neural network* (FFNN) yang masih lambat dalam *learning speed*. Pada metode FFNN penentuan *input weight* dan *hidden bias* dilakukan secara manual, sehingga proses *learning speed*nya lambat.

Pada model SLFNs penentuan *input weight* dan *hidden bias* dilakukan secara random, sehingga proses *learning speed*nya cepat sekali, karena tidak terjadi *overtraining* [12]. Model JST pada metode ELM secara umum dapat dilihat pada Gambar 6 berikut :



Gambar 6: Struktur ELM pada JST [12].

Gambar 6 merupakan struktur *extreme learning machine* (ELM) yang mempunyai n *input layer* dengan *single hidden layer* yang mempunyai n neuron serta mempunyai satu *output layer*.

Normalisasi Data

Normalisasi data dilakukan untuk menyamakan rentang nilai *input* (bernilai 0 sampai dengan 1), hal ini dikarenakan fungsi aktivasi yang digunakan berupa sigmoid biner seperti pada persamaan 2. Cara melakukan normalisasi data dengan teknik *min-max normalization* seperti persamaan 3 berikut [13] :

$$d' = \frac{d - \min}{\max - \min} \tag{3}$$

dimana,

d' = nilai normalisasi data,

d = nilai data asli

\min = nilai minimum dari set data

\max = nilai maximum dari set data

Proses Training

Proses training dilakukan untuk mendapat *input weight*, bias dan *output weight*. Proses training ini dilakukan sebelum proses *forecasting* dan bertujuan untuk mengembangkan model ELM. Jumlah data yang digunakan pada proses training akan menentukan nilai *error forecasting*. Jumlah data yang optimum akan mendapatkan nilai *error* yang minimum dan model ini yang baik untuk *forecasting* nantinya. Perhitungan proses training adalah sebagai berikut[14]:

1. Memberikan inisialisasi *input weight* dan bias dengan bilangan acak dengan range 0 sampai dengan 1.
2. Menghitung nilai output pada hidden layer dengan menggunakan fungsi pada persamaan 1.
3. Menghitung semua hasil *output hidden layer* dengan fungsi aktivasi sigmoid biner pada persamaan 2.
4. Perhitungan matriks *Moore-Penrose Generalized Inverse* ditunjukkan pada persamaan 4 berikut:

$$H^+ = (H(x)^T H(x))^{-1} H(x)^T \tag{4}$$

dimana,

H^+ : matriks *Moore-Penrose Generalized Inverse*

$H(x)$: Matriks *output hidden layer*

5. Menghitung matriks *Moore-Penrose Generalized Inverse* dari hasil keluaran *hidden layer* dengan fungsi aktivasi. Selanjutnya menghitung *output weight* dari *hidden layer* ke *output layer* seperti yang ditunjukkan pada persamaan 5.

$$\beta = H^+ T \tag{5}$$

dimana,

β : matriks *outputweight*

T : matriks target

6. Menghitung nilai *output* peramalan melalui perkalian matriks *output hidden layer* dengan matriks *output weight* seperti pada persamaan 6 berikut:

$$O = H(x) B \tag{6}$$

dimana, O outputramalan

Proses Testing

Proses testing bertujuan melakukan evaluasi kemampuan model ELM. Proses testing ini dengan berdasarkan *input weight*, bias, dan *output weight* yang sesuai dengan hasil perhitungan training. Banyaknya data yang dipakai pada proses testing akan menentukan nilai *error forecasting*. Banyaknya data yang optimum akan mendapatkan nilai *error* yang minimum dan model ini yang baik untuk *forecasting* nantinya. Perhitungan proses testing adalah sebagai berikut[14]:

1. Menggunakan *input weight* dan bias yang telah dihitung pada proses training.
2. Melakukan perhitungan semua nilai *output* pada *hidden layer* dengan menggunakan persamaan 1 dan dengan fungsi aktivasi ($H(x)$) pada Persamaan 2.
3. Menggunakan hasil perhitungan proses training yaitu *output weight* dari *hidden layer* ke *output layer*. Melakukan perhitungan nilai keluaran di *output layer* yang merupakan nilai keluaran (*output*) hasil prediksi yang ditunjukkan pada persamaan 7 berikut.

$$Y = H(x) \beta \tag{7}$$

dimana, Y adalah matriks hasil peramalan

Denormalisasi

Denormalisasi bertujuan untuk mengembalikan data dalam bentuk aslinya setelah di normalisasikan. Untuk menormalisasi data (denormalisasi) di gunakan persamaan 8 berikut [7]:

$$d = d'(\max - \min) + \min \tag{8}$$

dimana,

d = Nilai asli setelah di denormalisasi

d' = Nilai hasil prediksi sebelum didenormalisasi

\min = nilai minimum dari set data

\max = nilai maximum dari set data

Akurasi Peramalan

Setelah mendapatkan model ELM yang akan digunakan untuk peramalan, akan dilakukan perhitungan akurasi peramalan. Akurasi peramalan digunakan untuk mengetahui seberapa akurat model ELM tersebut dalam meramalkan harga emas harian. Akurasi yang digunakan dalam perhitungan ini diantaranya adalah MASE (*mean absolute*

square error), MAPE (*mean absolute percentage error*) dan RMSE (*root mean square error*). Persamaan dari ketiga ukuran akurasi tersebut adalah sebagai berikut [15]:

$$MASE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|^2}{n} \tag{9}$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{y_i} \right| \tag{10}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} \tag{11}$$

Model ELM yang paling akurat dilihat dari MASE, MAPE dan RMSE yang terkecil.

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder harga emas harian dan teknik pengambilan sampelnya adalah sampling purposive yaitu data diambil saat terjadinya pandemi covid-19 yang dimulai dari tanggal 6 Februari 2020 (dimana di Indonesia diumumkan oleh pemerintah secara resmi masa pandemi) sampai dengan 25 Oktober 2021 (pada saat peneliti mengambil data untuk penelitian ini) dengan jumlah data sebanyak 455 data. Data ini terdiri dari 21 bulan atau hampir dua tahun, dimana menurut peneliti dalam kurun waktu hampir dua tahun bisa mewakili terjadinya faktor musiman dan terjadinya trend. Data sekunder harga emas harian sebanyak 455 data disajikan dalam tabel 1 berikut:

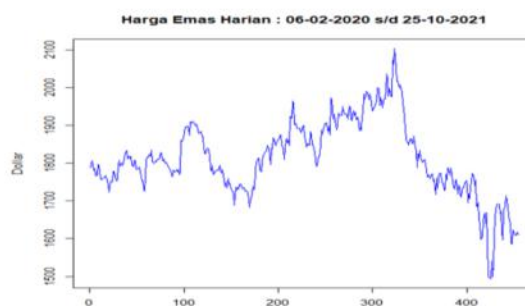
Tabel 1: Data sekunder harga emas harian (455 data)

No	Data	No	Data	No	Data	No	Data	No	Data
1	1788	51	1784	101	1896	151	1730	201	1865
2	1807	52	1788	102	1896	152	1718	202	1874
3	1796	53	1790	103	1894	153	1688	203	1875
4	1782	54	1778	104	1899	154	1717	204	1849
5	1785	55	1752	105	1892	155	1737	205	1837
6	1771	56	1753	106	1873	156	1729	206	1810
7	1766	57	1732	107	1910	157	1737	207	1839
8	1768	58	1727	108	1905	158	1730	208	1861
9	1798	59	1763	109	1911	159	1742	209	1865
10	1795	60	1809	110	1907	160	1746	210	1854
11	1759	61	1815	111	1905	161	1737	211	1861
12	1756	62	1814	112	1899	162	1731	212	1845
13	1757	63	1822	113	1904	163	1735	213	1924
14	1759	64	1817	114	1901	164	1734	214	1919
15	1762	65	1836	115	1887	165	1724	215	1965
16	1761	66	1805	116	1879	166	1727	216	1958
17	1768	67	1804	117	1884	167	1727	217	1902
18	1758	68	1799	118	1883	168	1722	218	1906

19	1757	69	1802	119	1870	169	1683	219	1904
20	1723	70	1805	120	1870	170	1704	220	1893
21	1738	71	1803	121	1840	171	1706	221	1891
22	1752	72	1811	122	1826	172	1721	222	1893
23	1752	73	1809	123	1825	173	1739	223	1888
24	1750	74	1815	124	1838	174	1728	224	1880
25	1779	75	1829	125	1840	175	1734	225	1892
26	1778	76	1825	126	1834	176	1781	226	1898
27	1764	77	1810	127	1818	177	1803	227	1900
28	1751	78	1806	128	1787	178	1811	228	1868
29	1757	79	1811	129	1778	179	1813	229	1865
30	1795	80	1800	130	1794	180	1782	230	1842
31	1807	81	1802	131	1770	181	1780	231	1853
32	1794	82	1794	132	1771	182	1778	232	1847
33	1792	83	1791	133	1776	183	1804	233	1848
34	1800	84	1786	134	1781	184	1819	234	1884
35	1794	85	1783	135	1782	185	1821	235	1875
36	1799	86	1777	136	1780	186	1828	236	1849
37	1826	87	1772	137	1784	187	1832	237	1849
38	1830	88	1764	138	1795	188	1848	238	1838
39	1834	89	1781	139	1780	189	1842	239	1828
40	1812	90	1778	140	1773	190	1839	240	1790
41	1816	91	1777	141	1782	191	1818	241	1798
42	1818	92	1783	142	1769	192	1796	242	1807
43	1812	93	1777	143	1738	193	1840	243	1820
44	1820	94	1783	144	1750	194	1838	244	1821
45	1795	95	1769	145	1735	195	1867	245	1854
46	1791	96	1775	146	1747	196	1855	246	1888
47	1809	97	1861	147	1760	197	1846	247	1877
48	1806	98	1856	148	1744	198	1854	248	1890
49	1784	99	1866	149	1745	199	1860	249	1903
50	1783	100	1880	150	1731	200	1864	250	1906
251	1906	301	1941	351	1813	401	1695	452	1610
252	1894	302	1953	352	1811	402	1718	453	1609
253	1881	303	1956	353	1801	403	1706	454	1618
254	1897	304	1965	354	1805	404	1739	455	1613
255	1875	305	1999	355	1810	405	1748		
256	1973	306	1999	356	1795	406	1774		
257	1967	307	1993	357	1782	407	1765		
258	1916	308	1953	358	1762	408	1741		
259	1930	309	1974	359	1767	409	1755		
260	1913	310	1945	360	1768	410	1686		
261	1900	311	1962	361	1759	411	1685		
262	1888	312	1970	362	1768	412	1696		
263	1900	313	1970	363	1771	413	1650		
264	1933	314	1993	364	1754	414	1643		
265	1927	315	2036	365	1755	415	1598		
266	1926	316	2022	366	1739	416	1603		
267	1926	317	1977	367	1716	417	1649		
268	1950	318	1998	368	1759	418	1661		
269	1936	319	1977	369	1733	419	1668		
270	1933	320	1976	370	1760	420	1639		
271	1928	321	2072	371	1774	421	1669		
272	1931	322	2061	372	1774	422	1588		
273	1930	323	2103	373	1750	423	1501		
274	1917	324	2082	374	1747	424	1497		

275	1951	325	2053	375	1746	425	1495		
276	1948	326	2018	376	1727	426	1541		
277	1917	327	2017	377	1731	427	1500		
278	1912	328	1998	378	1771	428	1532		
279	1928	329	2008	379	1756	429	1607		
280	1939	330	1997	380	1788	430	1658		
281	1927	331	1988	381	1780	431	1677		
282	1935	332	1958	382	1768	432	1692		
283	1915	333	1947	383	1786	433	1692		
284	1922	334	1919	384	1771	434	1691		
285	1901	335	1892	385	1747	435	1667		
286	1885	336	1861	386	1739	436	1670		
287	1895	337	1854	387	1732	437	1621		
288	1887	338	1847	388	1748	438	1597		
289	1928	339	1863	389	1758	439	1676		
290	1930	340	1863	390	1718	440	1678		
291	1982	341	1865	391	1741	441	1686		
292	1969	342	1852	392	1738	442	1714		
293	1991	343	1854	393	1718	443	1686		
294	1986	344	1871	394	1710	444	1658		
295	1984	345	1852	395	1727	445	1650		
296	1967	346	1831	396	1735	446	1641		
297	1983	347	1788	397	1736	447	1587		
298	1973	348	1825	398	1746	448	1586		
299	1962	349	1815	399	1755	449	1624		
300	1937	350	1833	400	1747	450	1617		

Penyajian data pada Tabel 1 dapat diperjelas gambarannya secara visual dengan suatu grafik. Data sekunder harga emas harian sebanyak 455 tersebut disajikan dalam grafik pada gambar 7 berikut :



Gambar 7: Grafik data emas harian dari tanggal 06-02-2020 s/d 25-10-2021.

Dari gambar 7 terlihat bahwa harga emas dari tanggal 06 Februari 2020 hingga tanggal 06 Agustus 2020 mengalami kenaikan yang berfluktuasi dan setelah itu mengalami penurunan yang berfluktuasi. Disaat harga emas turun sebaiknya melakukan pembelian dan ketika harga emas naik, sebaiknya menjual emas untuk mendapatkan untung.

Normalisasi Data

Sebelum dilakukan training dan testing harus dilakukan normalisasi data. Normalisasi data dilakukan karena akan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid biner. Aktivasi sigmoid biner digunakan dalam penelitian ini karena aktivasi ini sangat cocok untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks dan bersifat non-linier. Normalisasi data yang dilakukan menggunakan persamaan 3. Dengan normalisasi data akan didapat data baru dengan nilai minimum 0 dan nilai maksimum 1 serta mempunyai nilai rata-rata 0,5229.

Pengujian Data Training

Proses training adalah suatu proses dengan melakukan pelatihan dengan data latih untuk menentukan nilai *input weight*, bias dan *output weight* yang optimum. Selanjutnya hasil dari proses training, nilai *input weight*, bias dan *output weight* akan dilakukan pengujian pada proses testing. Jumlah data pada proses training akan menentukan model ELM yang akan digunakan dengan melihat nilai akurasi peramalan yang minimum.

Dalam penelitian ini perbandingan jumlah prosentase data untuk proses training lebih besar atau sama dengan jumlah prosentase data testing. Berikut ini pada Tabel 2, diberikan hasil jumlah data yang di gunakan pada proses training dengan menghitung nilai RMSE (*root mean square error*).

Tabel 2: Jumlah prosentase data pada proses training

Prosentase Jumlah Data (%) Training	RMSE
90% (410 data)	19.84336
80% (364 data)	19.41969
70% (319 data)	18.67166
60% (273 data)	18.24777
50% (228 data)	17.13424

Prosentase jumlah data pada proses training untuk Tabel 2 menunjukkan bahwa pada prosentase 50 % atau dengan jumlah data sebanyak 228 data, proses training mempunyai nilai RMSE yang paling kecil yaitu sebesar 17,13424.

Pengujian Data Testing

Proses *training* adalah suatu proses dengan melakukan pelatihan dengan data latih untuk menentukan nilai *input weight*, bias dan *output weight* yang optimum. Selanjutnya hasil dari proses *training*, nilai *input weight*, bias dan *output weight* akan dilakukan pengujian pada proses testing. Jumlah data pada proses training dan testing akan menentukan model ELM yang akan digunakan dengan melihat nilai akurasi peramalan yang minimum.

Dalam penelitian ini perbandingan jumlah prosentase data untuk proses testing lebih kecil atau

sama dengan jumlah prosentase data training. Berikut ini pada Tabel 3, diberikan hasil jumlah data yang di gunakan pada proses testing dengan menghitung nilai RMSE (*root mean square error*).

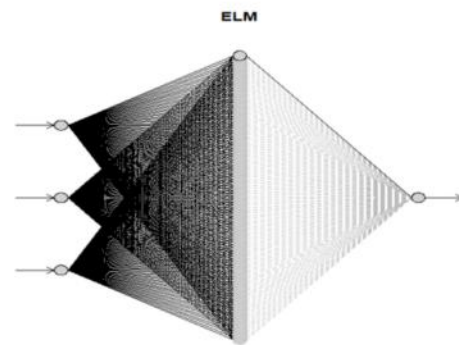
Tabel 3: Jumlah prosentase data pada proses testing.

Prosentase Jumlah Data (%) Testing	RMSE
10% (45 data)	35.06225
20% (91 data)	29.39481
30% (136 data)	26.01814
40% (182 data)	26.17651
50% (227 data)	25.64017

Prosentase jumlah data pada proses testing untuk Tabel 3 diatas menunjukkan bahwa pada prosentase 50% pada proses testing mempunyai nilai RMSE yang paling kecil yaitu sebesar 25,64017.

Model peramalan harga emas harian dengan ELM

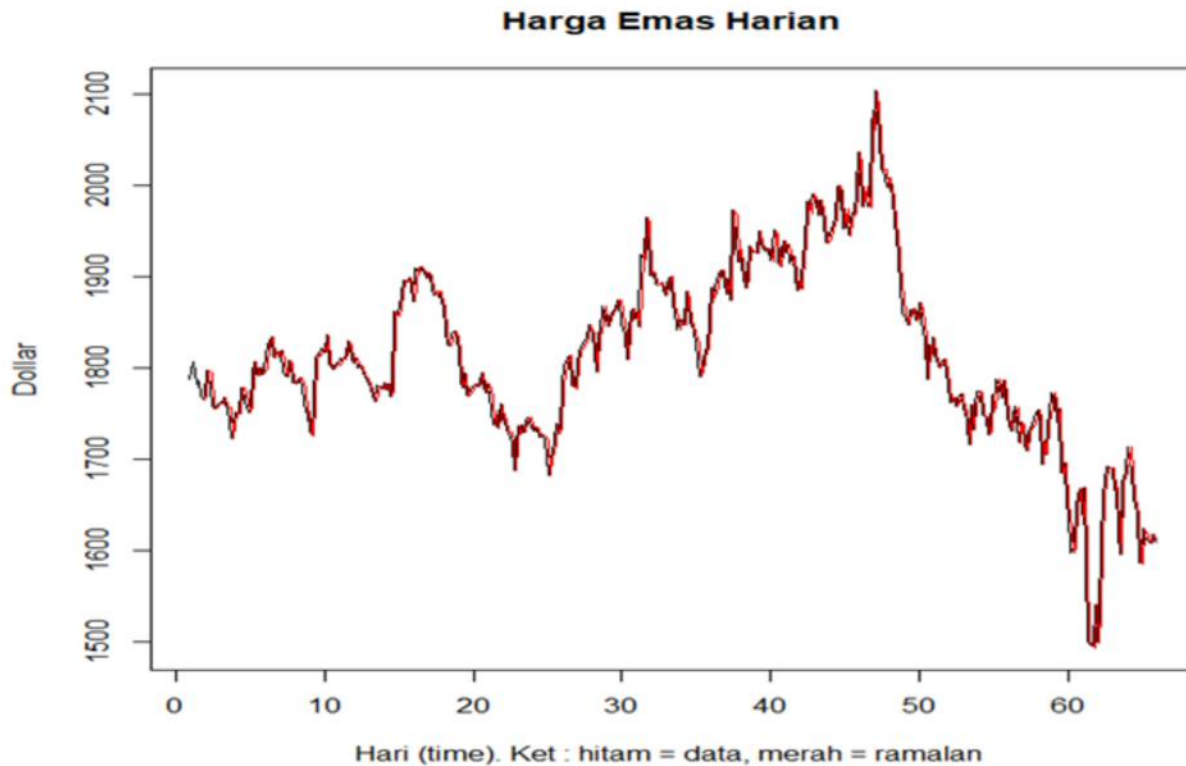
Hasil proses uji data training dan testing menunjukkan nilai RMSE terkecil yaitu 50 % jumlah data training dan 50 % jumlah testing. Model ini yang akan digunakan untuk model peramalan yang cocok untuk meramalkan harga emas harian. Model ELM yang cocok untuk meramalkan harga emas harian diperlihatkan seperti pada Gambar 8.



Gambar 8: Struktur jaringan ELM yang terbentuk

Dari gambar 8 terlihat bahwa struktur jaringan ELM yang akan digunakan dalam meramalkan harga emas harian terdiri dari 3 input x_1 , x_2 dan x_3 dengan *single hidden layer* yang terdiri dari 100 neuron. Grafik peramalan harga emas harian dan data harga emas harian yang sesungguhnya dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa antara data sesungguhnya (hitam) dengan hasil ramalannya (merah) sangat berhimpit sekali yang berarti bahwa model ELM dapat digunakan untuk meramalkan harga emas harian dengan baik. Nilai akurasi peramalan untuk grafik pada Gambar 9 dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 9: Grafik harga emas harian (hitam) dan hasil peramalannya (merah)

Tabel 4: Nilai akurasi peramalan untuk model ELM

Model	MAPE	MASE	RMSE
ELM	0.008339967	473.8438	21.76795

Nilai prediksi harga emas harian untuk 10 hari kedepan ditampilkan dalam Tabel 5 berikut :

Tabel 5: Nilai prediksi harga emas 10 hari kedepan dengan model ELM

Tanggal	26/11/2021	27/11/2021	28/11/2021	29/11/2021
Prediksi	1609.151	1608.803	1608.454	1608.105
Tanggal	1/11/2021	2/11/2021	3/11/2021	4/11/2021
Prediksi	1607.757	1607.408	1607.059	1606.711
Tanggal	5/11/2021	8/11/2021		
Prediksi	1606.362	1606.013		

Tabel 5 adalah tabel hasil peramalan harga emas harian menggunakan metode ELM yang menunjukkan nilai relatif stabil sekitar nilai 1606 sampai dengan 1609.

Penutup

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa metode *extrem learning machine* (ELM) mampu meramalkan harga emas harian dengan lebih *simple* karena tidak memeriksa asumsi-asumsi statistika dan *software R package* dapat diunduh secara gratis. Metode ELM yang dipergunakan untuk meramalkan harga emas harian menggunakan 3 *input node* dan menggunakan *single layer hidden*

feedforward dengan 100 *neuron* serta menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid* biner.

Hasil peramalan mempunyai akurasi peramalan RMSE sebesar 21.76795, MASE sebesar 473.8438 dan MAPE sebesar 0.008339967. Hasil peramalan untuk 10 hari kedepan menunjukkan harga emas harian relatif stabil dan sedikit menurun. Dalam penelitian ini disarankan untuk selalu menambahkan data terbaru sebagai *up date* model dan tidak meramalkan untuk periode yang terlalu panjang. Selain hal tersebut dapat juga di sarankan untuk menggunakan model-model lain yang lebih terbaru dan baik.

Daftar Pustaka

- [1] N. Suryani. " Analisis Produk Keuangan Untuk Investasi Dimasa Pandemi Covid-19", Jurnal Ilmu Ekonomi Manajemen dan Akuntansi Vol 2, No. 1, Maret 2021.
- [2] D.I. Purnama, " Peramalan Harga Emas Saat Pandemi Covid-19 Menggunakan Model Hybrid Autoregressive Integrated Moving Average - Support Vector Regression ", JAMBURA JOURNAL OF MATHEMATICS, Vol. 3, No. 1, pp. 52-65, January 2021.
- [3] D. Rahmawati & M. Nurhalim, " Prediksi harga emas berjangka di masa pandemi covid-19 menggunakan model tren deterministik ", Jurnal Akuntabel, Vol. 18, No. 1, 2021.

- [4] D. P. Anggraeni, D. Rosadi, Hermansah & A.A. Rizal, "Prediksi Harga Emas Dunia Di Masa Pandemi Covid-19 Menggunakan Model ARIMA", *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, Vol. 12, No. 1, 2020.
- [5] Anonim, "Data Historis-Investing.com", diakses daring pada 25 Oktober 2021 di <https://id.investing.com/commodities/gold-historical-data>.
- [6] Anonim, "Troy (satuan)-Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas", diakses daring pada 25 Oktober 2021 di [https://id.wikipedia.org/wiki/Troy_\(satuan\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Troy_(satuan)).
- [7] N.M. Azhar, I. Chollissodin & C. Dewi, "Penerapan Metode Extreme Learning Machine (ELM) Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Pipa Yang Layak (Studi Kasus Pada PT. KHI Pipe Industries)", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* Vol. 2, No. 11, hlm. 4621-4628, November 2018.
- [8] B. Venkateswaran & G. Ciaburro, "Neural Networks with R", first published, Packt Publishing Ltd, Bramingham UK. 2017.
- [9] W. Budiharto & D. Suhartono, "Artificial Intelligence Konsep dan Penerapannya", Yogyakarta: Andi, 2014.
- [10] R.J., Hyndman & G. Athanasopoulos, "Forecasting: principles and practice", 2nd edition, OTexts: Melbourne, Australia. OTexts.com/fpp2. Accessed on 25 Oktober 2021.
- [11] G. Gajendran & K. Vasanthi, "Multilayer Feedforward Neural Networks with Backpropagation model on Immunotherapy dataset", *AIP Conference Proceedings* 2112, 020102 (2019).
- [12] G.B. Huang, Q.Y. Zhu & C.K. Siew, "Extreme learning machine: a new learning scheme of feedforward neural networks. In *Neural Networks*", *Proceedings. 2004 IEEE International Joint Conference on* (Vol. 2, pp. 985-990). IEEE. 2004.
- [13] Y.K. Jain & S.K. Bhandare, "Min Max Normalization Based Data Perturbation Method for Privacy Protection", *International Journal of Computer & Communication Technology*, Volume 2, pp. 45-50. 2011.
- [14] R. J. D. Simamora, Tibyani, Sutrisno, "Peralaman Curah Hujan Menggunakan Metode Extreme Learning Machine", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* Vol. 3, No. 10, hlm. 9670-9676, Oktober 2019.
- [15] M. As'ad, Sujito, S. Setyowibowo, "Peralaman Harga Emas Harian Dengan Model Hibrida Double Exponensial Smoothing Holt's dan Jaringan Syaraf Tiruan", *Jurnal Ilmiah KOMPUTASI*, Volume 19 No : 1. P.51-58. 2019.