

**PERBANDINGAN METODE HOLT WINTER'S EXPONENTIAL
SMOOTHING DAN EXTREME LEARNING MACHINE (ELM) PADA
PERAMALAN PENJUALAN SEMEN**

Studi Kasus : PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Tahun 2006-2017

TUGAS AKHIR



Emma Aulia Dewi

13 611 145

**JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR

Judul : Perbandingan Metode Holt Winter's Exponential Smoothing dan Extreme Learning Machine (ELM) Pada Peramalan Penjualan Semen (Studi Kasus : PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Tahun 2006-2017)

Nama Mahasiswa : Emma Aulia Dewi

Nomor Mahasiswa : 13611145

TUGAS AKHIR INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI UNTUK

DIUJIKAN

Yogyakarta, 31 Januari 2018

Pembimbing



(Dr. RB Fajriya Hakim, S.Si., M.Si.)

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN METODE HOLT WINTER'S EXPONENTIAL
SMOOTHING DAN EXTREME LEARNING MACHINE (ELM) PADA
PERAMALAN PENJUALAN SEMEN**

(Studi Kasus : PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Tahun 2006-2017)

Nama Mahasiswa : Emma Aulia Dewi

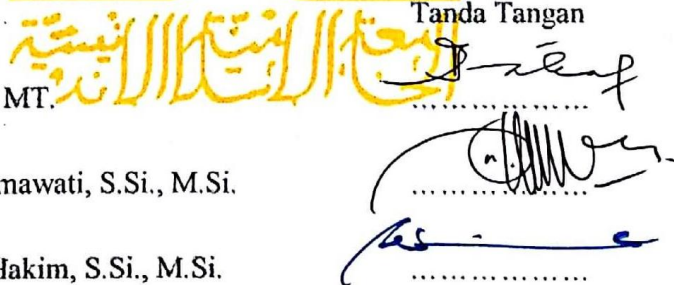
Nomor Mahasiswa : 13611145

**TUGAS AKHIR INI TELAH DIUJIKAN
PADA TANGGAL 6 FEBRUARI 2018**

Nama Penguji

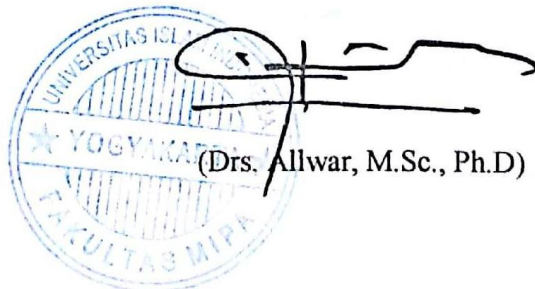
1. Ali Parkhan, Ir., MT.
2. Ayundyah Kesumawati, S.Si., M.Si.
3. Dr. RB Fajriya Hakim, S.Si., M.Si.

Tanda Tangan



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam


(Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D)

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya berupa keimanan, kekuatan, kesabaran, kelancaran serta keselamatan sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para pengikut-pengikutnya sampai akhir zaman.

Tugas akhir ini tersusun sebagai hasil proses pembelajaran yang telah penulis dapatkan selama melakukan proses pembelajaran di Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana Strata Satu (S1) Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari pihak-pihak lain penyusunan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
2. Nandang Sutrisno, SH., M.Hum., LLM., Ph.D selaku rektor Universitas Islam Indonesia.
3. Drs. Alwar, M.Sc., Ph.D selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. RB. Fajriya Hakim, S.Si, M.Si Ketua Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia dan selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak membantu dalam memberikan bimbingan dan arahan dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam penyusunan tugas akhir ini.

5. Ayah saya Saup Saepudin, Ibu saya Emin Karmini, dan Adik saya Mochammad Ifan Aulia Rachman yang telah banyak memberikan doa, dukungan, bantuan dalam bentuk moril maupun materil sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
6. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk selaku penyedia data.
7. Semua sahabat-sahabat saya atas segala bantuan, doa, dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini .
8. Seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang sifatnya membangun selalu penulis harapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi semua yang membutuhkan umumnya. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua, Amin amin ya robbal ‘alamiin

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PERNYATAAN	xii
INTISARI	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	6
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Batasan Masalah.....	6
1.4. Jenis Penelitian dan Metode Analisis.....	6
1.5. Tujuan Penelitian.....	7
1.6. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Penelitian Terdahulu.....	8
2.1.1. Holt Winter's Exponential Smoothing.....	8
2.1.2. Extreme Learning Machine (ELM).....	10
BAB III DASAR TEORI	12
3.1. Peramalan	12
3.2. Analisis Deret Waktu	12
3.2.1. Pola kecenderungan (t).....	13
3.2.2. Pola musiman (S)	13
3.2.3. Pola siklis (C)	14
3.2.4. Pola acak (I)	14

3.3. Pemulusan eksponensial (Exponential Smoothing)	12
3.4. Holt Winter's Exponential Smoothing	15
3.5. Jaringan Syaraf Tiruan	17
3.6. Extreme Learning Machine (ELM)	20
3.6.1. Normalisasi data	21
3.6.2. Proses training	21
3.6.3. Proses testing	22
3.6.4. Denormalisasi data	23
3.7. Ukuran Kesalahan Peramalan.....	23
3.6.1. Mean Squared Error (MSE).....	23
3.6.2. Mean Absolute Percentage Error (MAPE).....	24
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	25
4.1. Populasi dan Sampel Penelitian.....	25
4.2. Tempat dan Waktu Penelitian	25
4.3. Variabel Penelitian	25
4.4. Metode Pengumpulan Data	26
4.5. Metode Analisa Data	26
4.6. Tahapan Penelitian	26
4.6.1. Holt winter's exponential smoothing	26
4.6.2. Extreme Learning Machine (ELM)	28
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	29
5.1. Analisis Deskriptif.....	29
5.2. Holt Winter's Exponensial Smoothing.....	34
5.2.1. Menentukan nilai alpha (α), beta (β), dan gamma (γ) ...	34
5.2.2. Menentukan nilai pemulusan eksponensial awal	34
5.2.3. Menentukan nilai kecenderungan awal	35
5.2.4. Menentukan nilai faktor musiman awal	36
5.2.5. Menentukan nilai pemulusan eksponensial	37
5.2.6. Menentukan nilai kecenderungan.....	38
5.2.7. Menentukan nilai faktor musiman.....	39
5.2.8. Proses peramalan	41

5.3. Extreme Learning Machine (ELM)	46
5.3.1. Pembagian data training dan testing	46
5.3.2. Arsitektur jaringan	48
5.3.3. Proses <i>training</i> peramalan	48
5.3.4. Hasil peramalan penjualan	51
5.4. Akurasi Hasil Peramalan	56
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	57
6.1. Kesimpulan	57
6.2. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	61

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
Tabel 5.1	Penentuan Nilai alpha (α), beta (β), dan gamma (γ)	34
Tabel 5.2	Peramalan Penjualan PT Semen Gresik Tahun 2018.....	41
Tabel 5.3	Peramalan Penjualan PT Semen Padang Tahun 2018.....	43
Tabel 5.4	Peramalan Penjualan PT Semen Tonasa Tahun 2018.....	44
Tabel 5.5	Pembagian data training dan testing	46
Tabel 5.6	Hasil training data peramalan PT Semen Padang	48
Tabel 5.7	Hasil training data peramalan PT Semen Padang	49
Tabel 5.8	Hasil training data peramalan PT Semen Padang	50
Tabel 5.9	Peramalan Penjualan Tahun 2018 (ELM).....	51
Tabel 5.10	Perbandingan Akurasi Hasil Peramalan.....	56
Tabel 6.1	Prediksi penjualan semen tahun 2018	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1.1 Nilai Infrastruktur ASEAN.....	1
Gambar 1.2 Jumlah Infrastruktur di Indonesia.....	2
Gambar 1.3 Persentase Progress Infrastruktur	3
Gambar 3.1 Pola data kecenderungan	13
Gambar 3.2 Pola data musiman.....,.....	13
Gambar 3.3 Pola data siklis.....	14
Gambar 3.4 Single layer network.....	19
Gambar 3.5 Multi layer network.....,.....	19
Gambar 3.6 Reccurent network.....	20
Gambar 4.1 Diagram alir Holt Winter's Exponential Smoothing.....	27
Gambar 4.2 Diagram alir Extreme Learning Machine	28
Gambar 5.1 Grafik penjualan semen domestik PT Semen Gresik.....	29
Gambar 5.2 Grafik penjualan semen domestik PT Semen Padang	30
Gambar 5.3 Grafik penjualan semen domestik PT Semen Tonasa	32
Gambar 5.4 Perbandingan data faktual & peramalan PT Semen Gresik .	42
Gambar 5.5 Perbandingan data faktual & peramalan PT Semen Padang	43
Gambar 5.6 Perbandingan data faktual & peramalan PT Semen Tonasa	45
Gambar 5.7 Arsitektur jaringan PT Semen Gresik	46
Gambar 5.8 Arsitektur jaringan PT Semen Padang.....	47
Gambar 5.9 Arsitektur jaringan PT Semen Tonasa	47
Gambar 5.10 Perbandingan data faktual & peramalan PT Semen Gresik .	52
Gambar 5.11 Grafik hasil peramalan PT Semen Gresik	52
Gambar 5.12 Perbandingan data faktual & peramalan PT Semen Padang	53
Gambar 5.13 Grafik hasil peramalan PT Semen Padang	54
Gambar 5.14 Perbandingan data faktual & peramalan PT Semen Tonasa	54
Gambar 5.15 Grafik hasil peramalan PT Semen Tonasa	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1 Data Penelitian.....	61
Lampiran 2 Syntax Program R.....	65

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang sebelumnya pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka

Yogyakarta, Januari 2018



PERBANDINGAN METODE HOLT WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING DAN EXTREME LEARNING MACHINE (ELM) PADA PERAMALAN PENJUALAN SEMEN

Studi Kasus : PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Tahun 2006-2017

INTISARI

Indonesia merupakan negara yang sedang berkembang, salah satu indikator untuk melihat perkembangan suatu negara adalah pertumbuhan ekonomi. Salah satu upaya peningkatan pertumbuhan ekonomi adalah melakukan pembangunan infrastruktur. Salah satu faktor penunjang dalam pembangunan infrastruktur adalah sumber daya alam. Sebagai perusahaan pemasok semen terbesar di Indonesia, PT Semen Indonesia harus *manage* penjualan produk untuk dengan menyusun rencana penjualan. Peramalan penjualan semen domestik PT Semen Indonesia untuk tahun 2018 berdasarkan data penjualan semen tahun 2006-2017 yaitu dengan membandingkan metode peramalan *Holt winter's Exponential Smoothing* dan *Extreme Learning Machine (ELM)*. Hasil peramalan menunjukkan bahwa metode *Extreme Learning Machine (ELM)* lebih baik dengan tingkat kesalahan peramalan (*error*) untuk PT Semen Gresik sebesar 5,41 %, PT Semen Padang 5,95 % , dan PT Semen Tonasa 5,95 %.

Kata kunci : peramalan, PT Semen Indonesia, Holt winter's Exponential Smoothing, Extreme Learning Machine (ELM), PT Semen Gresik, PT Semen Padang, PT Semen Tonasa

COMPARISON OF HOLT WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD AND EXTREME LEARNING MACHINE (ELM) METHOD ON CEMENT SALES FORECASTING

Case Study : PT Semen Indonesia (Persero) Tbk 2006-2017

ABSTRACT

Indonesia is a developing country, one of indicators to know the development of a country is economic growth. One of the efforts to increase the economic growth is developing infrastructure of the country. One of the supporting factors to developing infrastructure of the country is natural resources. As Indonesia's largest cement supplier company, PT Semen Indonesia have to managing the sales of products to supply demand by preparing sales prediction. Sales forecasting of PT Semen Indonesia's domestic cement product for 2018 based on sales in 2006-2017 is using Holt winter's Exponential Smoothing method and Extreme Learning Machine (ELM) method. Forecasting results show that Extreme Learning Machine (ELM) is better than Holt winter's Exponential Smoothing with the rate of error for PT Semen Gresik is 5.41%, PT Semen Padang is 5,95% and PT Semen Tonasa is 5.95%.

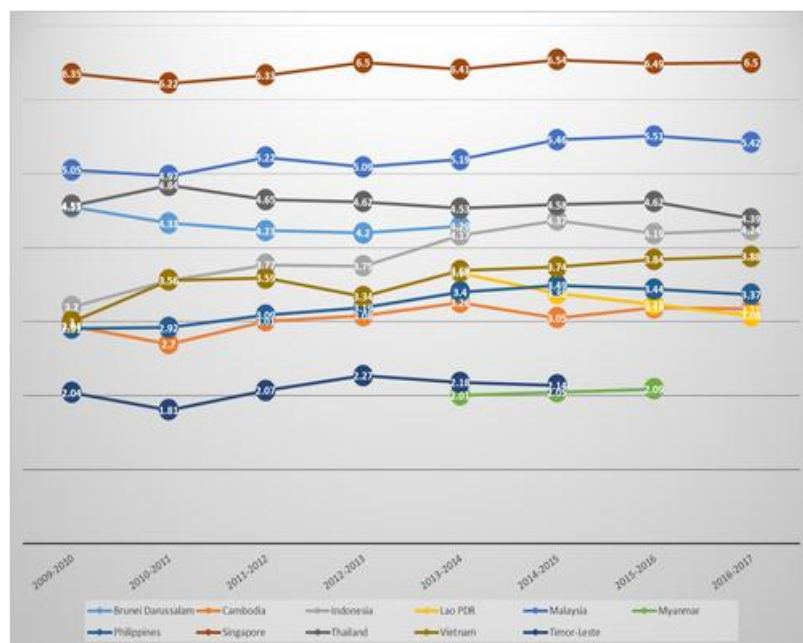
Keywords : Forecasting, PT Semen Indonesia, Holt winter Exponential Smoothing, Extreme Learning Machine (ELM), PT Semen Gresik, PT Semen Padang, PT Semen Tonasa.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang sedang berkembang, salah satu indikator dalam melihat perkembangan suatu negara adalah dengan melihat pertumbuhan ekonomi yang terjadi. Salah satu upaya peningkatan pertumbuhan ekonomi yang dilakukan oleh pemerintah adalah dengan melakukan pembangunan infrastruktur. Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu aspek penting dan vital untuk mempercepat proses pembangunan nasional. Infrastruktur juga memegang peranan penting sebagai salah satu roda penggerak pertumbuhan ekonomi. Ini mengingat gerak laju dan pertumbuhan ekonomi suatu negara tidak dapat pisahkan dari ketersediaan infrastruktur seperti transportasi, telekomunikasi, sanitasi, dan energi. Oleh karena itu, pembangunan sektor ini menjadi pondasi dari pembangunan ekonomi selanjutnya.



Sumber: Diolah dari World Economic Forum, Global Competitiveness Report.

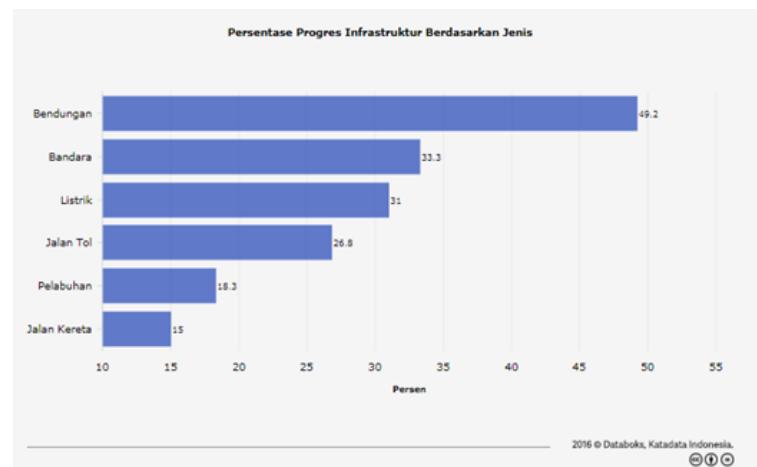
Gambar 1.1 Nilai Infrastruktur ASEAN

Data dari World Bank dan WEF terkait nilai infrastruktur, menunjukkan bahwa Indonesia menempati posisi 5 diantara 11 negara di Asia Tenggara. Nilai infrastruktur merupakan persentase investasi bidang infrastruktur baik BUMN maupun swasta dari total PDB suatu negara. Posisi pertama ditempati oleh Singapura, posisi kedua Malaysia, posisi ketiga Thailand, posisi ke empat Brunei Darusalam, dan Indonesia menduduki posisi kelima. Secara umum, nilai infrastruktur Indonesia naik sejak tahun 2009, kemudian mengalami penurunan pada tahun 2012-2013, naik lagi mencapai 4,17 pada tahun 2013-2014 hingga 2014-2015, pada tahun 2015-2016 mengalami penurunan kembali, dan kembali naik pada tahun 2016-2017 ke angka 4,24.



Gambar 1.2 Jumlah Infrastruktur di Indonesia

Data dari World Bank dan WEF terkait nilai infrastruktur, menunjukkan bahwa Indonesia menempati posisi 5 diantara 11 negara di Asia Tenggara. Dimana data menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pembangunan infrastruktur dari tahun ke tahun bagi Indonesia. Hal ini dapat dibuktikan dengan data bangunan infrastruktur di Indonesia yaitu memiliki infrastruktur jalan sepanjang 38.569,82 km, jembatan sepanjang 375,27 km, bendungan sebanyak 209, embung sebanyak 3321, daerah irigasi sebanyak 406, rusunawa sebanyak 18.216 unit, rumah khusus sebanyak 6361 unit, serta perumahan sebanyak 13.500.000 unit. Sementara progres pembangunan infrastruktur bendungan sampai dengan tahun 2016 telah mencapai 49,2% dari target, bandara sebesar 33,3%, listrik sebesar 31%, jalan tol sebesar 26,5%, pelabuhan sebesar 18,3%, dan jalan kereta sebesar 15%.



Gambar 1.3 Persentase Progress Infrastruktur

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa Indonesia masih harus melakukan pembangunan maupun melanjutkan progress pembangunan infrastruktur dalam skala besar untuk beberapa tahun kedepan. Faktor-faktor yang menunjang dalam pembangunan infrastruktur diantaranya adalah sumber daya alam, sumber daya manusia, sumber daya modal, dan keahlian atau kewirausahaan. Pembangunan infrastruktur juga tak lepas dari produsen pemasok bahan baku untuk pembangunan infrastruktur yang juga menunjang kualitas dan efektifitas dari pembangunan infrastuktur tersebut.

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan perusahaan BUMN produsen semen yang terbesar di Indonesia. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan gabungan dari empat perusahaan penghasil semen yaitu PT Semen Gresik, PT Semen Padang, PT Semen Tonasa dan Thang Long Cement Vietnam. Diresmikan di Gresik pada tanggal 7 Agustus 1957 oleh Presiden RI pertama dengan kapasitas terpasang 250.000 ton semen per tahun. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk mempunyai lima produk yaitu Semen Portland Tipe I, Semen Portland Tipe II, Semen Portland Tipe III, Semen Portland Tipe V, Special Blended Cement (SBC), dan Portland Pozzolan Cement (PPC). Lokasi pabrik sangat strategis di Sumatera, Jawa, Sulawesi dan Vietnam menjadikan Semen Indonesia mampu memasok kebutuhan semen di seluruh tanah air yang didukung ribuan distributor, sub distributor dan toko-toko. Selain penjualan di dalam negeri, Semen Indonesia juga mengekspor ke beberapa negara antara lain: Singapura, Malaysia, Korea,

Vietnam, Taiwan, Hongkong, Kamboja, Bangladesh, Yaman, Norfolk USA, Australia, Canary Island, Mauritius, Nigeria, Mozambik, Gambia, Benin dan Madagaskar.

Sebagai perusahaan penghasil semen terkemuka, PT Semen Indonesia harus selalu berupaya yang terbaik untuk mempertahankan posisinya dengan selalu meningkatkan penjualan produknya seiring dengan persaingan bisnis yang sangat ketat. Perusahaan harus menyusun perencanaan di segala bidang, salah satunya adalah bidang penjualan dengan menyusun rencana penjualan. Peramalan penjualan bertujuan untuk memperkirakan penjualan di masa yang akan datang pada periode tertentu.

Menurut Munandar (2001), peramalan penjualan (*sales forecasting*) ialah teknik proyeksi permintaan langganan yang potensial untuk suatu waktu tertentu dengan berbagai asumsi. Hasil dari suatu peramalan penjualan lebih merupakan pernyataan atau penilaian yang dikuantifisir terhadap kondisi masa depan mengenai penjualan sebagai proyeksi teknis dari permintaan konsumen potensial untuk jangka waktu tertentu. Pada umumnya hasil dari suatu peramalan penjualan akan dikonversikan menjadi rencana penjualan dengan memperhitungkan pendapat manajemen, strategi-strategi yang direncanakan, keterkaitan dengan sumber daya, dan ketetapan manajemen dalam usaha mencapai sasaran penjualan. Dengan adanya peramalan penjualan produk di suatu perusahaan, maka manajemen perusahaan tersebut akan dapat melangkah kedepan dengan lebih pasti. Atas dasar peramalan penjualan yang disusun ini manajemen perusahaan akan dapat memperoleh gambaran tentang keadaan masa depan perusahaan. Gambaran keadaan penjualan pada waktu yang akan datang ini sangat penting bagi manajemen perusahaan, karena kebijakan perusahaan akan sangat dipengaruhi oleh besarnya penjualan produk perusahaan tersebut.

Terdapat beberapa metode peramalan, diantaranya peramalan kualitatif yakni berdasarkan pendapat para ahli, serta peramalan kuantitatif menggunakan metode statistika. Peramalan kuantitatif menggunakan metode statistika yang biasa digunakan, bahkan beberapa metode peramalan yang paling sukses didasarkan pada konsep Exponential Smoothing. Exponential Smoothing

mencerminkan fakta bahwa bobot bertambah secara eksponensial ketika waktu pengamatan semakin baru. Salah satu pengembangan dari metode Exponential Smoothing adalah metode Holt Winter's Exponential Smoothing dimana menambahkan dua parameter tambahan yaitu parameter kecenderungan atau tren, dan musiman berdasarkan pola data. Kelebihan metode ini adalah menganalisis tiga komponen dari pola data yaitu memberikan pembobotan yang lebih besar terhadap data terbaru, mengstimasi pola kecenderungan atau tren data, dan mengestimasi pola musiman dari data sehingga akan menghasilkan peramalan dengan tingkat kesalahan terkecil. Oleh karena itu, penulis menggunakan metode Holt Winter's Exponential Smoothing dalam penelitian ini sesuai dengan asumsi awal dari pola data penelitian.

Selain metode statistika yang umum digunakan dalam peramalan, terdapat metode jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) yang merupakan kecerdasan buatan komputer yang mampu menganalisis pola data kemudian memprediksikan peramalan selanjutnya menggunakan algoritma tertentu yang mampu meminimumkan tingkat kesalahan peramalan. Salah satu metode jaringan syaraf tiruan yang memiliki *learning speed* yang relatif singkat, dengan tahapan analisis yang sederhana, dan memiliki tingkat akurasi yang baik adalah metode Extreme Learning Machine (ELM). Extreme Learning Machine (ELM) merupakan jaringan syaraf tiruan *feedforward* dengan satu *hidden layer* atau lebih dikenal dengan istilah *single hidden layer feedforward neural network*. Selain karena metodenya yang tergolong baru, implementasi Extreme Learning Machine (ELM) pada peramalan data *time series* masih jarang dilakukan. Oleh karena itu peneliti akan membandingkan hasil dari peramalan data *time series* menggunakan metode Extreme Learning Machine (ELM) dengan metode statistika konvensional yaitu Holt Winter's Exponential Smoothing.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana gambaran penjualan di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk tahun 2006-2017?
2. Bagaimana peramalan penjualan semen domestik PT Semen Indonesia (Persero) Tbk untuk tahun 2018?
3. Bagaimana perbandingan hasil peramalan menggunakan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan *Extreme Learning Machine (ELM)* ?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah sangat diperlukan agar tidak terjadi penyimpangan. Untuk itu batasan masalah dalam penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk dari tiga perusahaan penghasil semen yaitu PT Semen Gresik, PT Semen Padang, PT Semen Tonasa.
2. Data yang digunakan adalah data penjualan domestik PT Semen Indonesia (Persero) Tbk tahun 2006-2017 .
3. Alat analisis yang digunakan adalah *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan *Extreme Learning Machine (ELM)*.
4. Variabel yang digunakan yaitu hasil penjualan bulanan domestik PT Semen Indonesia (Persero) Tbk tahun 2006-2017.
5. Batasan untuk hasil peramalan yang layak digunakan yaitu ketika memiliki tingkat kesalahan peramalan tidak lebih dari 10%.
6. Perangkat lunak yang digunakan sebagai alat bantu dalam analisis statistik yakni R.i386 3.4.2 dan Microsoft Excel 2013.

1.4. Jenis Penelitian dan Metode Analisis

Tugas akhir ini termasuk dalam kategori aplikasi. Metode analisis yang digunakan adalah perbandingan metode peramalan *Holt winter's Exponential Smoothing* dan *Extreme Learning Machine (ELM)* dimana pada penelitian tugas akhir ini diharapkan peneliti dapat mengetahui hasil peramalan penjualan semen domestik PT Semen Indonesia (Persero) Tbk untuk tahun 2018 dengan metode terbaik yang memiliki tingkat kesalahan (*error*) peramalan paling kecil.

1.5. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui gambaran tren penjualan di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk tahun 2006-2017.
2. Mengetahui hasil peramalan penjualan semen baik domestik PT Semen Indonesia (Persero) Tbk untuk tahun 2018.
3. Mengetahui metode terbaik hasil peramalan menggunakan *Holt winter's Exponential Smoothing* dan *Extreme Learning Machine (ELM)* ?

1.6. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan kajian PT Semen Indonesia (Persero) Tbk terkait peramalan penjualan semen domestik untuk tahun 2018.
2. Mengetahui perbandingan hasil peramalan *Holt winter's Exponential Smoothing* dan *Extreme Learning Machine (ELM)* sehingga metode peramalan terbaik dapat dijadikan acuan untuk peramalan selanjutnya.
3. Dengan mengetahui peramalan penjualan semen domestik untuk tahun 2018, diharapkan dapat menjadi acuan bagi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk terkait pengendalian produksi, kapasitas, sistem penjadwalan, perencanaan keuangan, pemasaran, dan sumber daya manusia.
4. Penelitian ini diharapkan memberikan sumbangan pemikiran dalam menambah wawasan tentang penerapan ilmu statistika dalam bidang industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis, maka penelitian terdahulu menjadi sangat penting agar dapat diketahui hubungan antara penelitian yang dilakukan sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan pada saat ini, dan terjadinya suatu penjiplakan atau duplikasi dalam penelitian yang dilakukan tersebut mempunyai arti penting sehingga dapat diketahui kontribusi penelitian ini terhadap perkembangan ilmu pengetahuan. Berikut ini akan dijelaskan mengenai beberapa penelitian yang berkaitan dengan analisis *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan *Extreme Learning Machine (ELM)*.

2.1.1. Holt Winter's Exponential Smoothing

Analisis peramalan *Holt Winter's Exponential Smoothing* dilakukan pertama kali oleh Charles C.Holt dan Peter Winters, pada tahun 1965 mereka mengembangkan teori *Simple Exponential Smoothing* (Robert Goodell Brown,1956). Charles C.Holt dan Peter Winters melakukan analisis peramalan penjualan dengan rata-rata pergerakan tertimbang secara eksponensial yang saat ini dikenal dengan analisis *Holt Winter's Exponential Smoothing*.

Metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* digunakan dalam jurnal berjudul *Forecasting Stock Market Time Series* oleh Regina Fuchs dan Richard Sellner. Data yang digunakan adalah data pasar saham harian Austria, Jerman dan Amerika Serikat (ATX, DAX, Dow Jones) dari tanggal 1 Januari 1998 sampai 31 Desember 2007 untuk peramalan satu periode ke depan. Peneliti membandingkan antara metode *Double Exponential Smoothing*, *Holt-Winters Method*, *ARIMA*, dan *GARCH*. Hasil menunjukkan peramalan terbaik untuk AT adalah dengan metode *Double Exponential Smoothing* 0.9 dengan RSE sebesar 288.26. Sedangkan untuk DAX, dan Dow Jones peramalan terbaik menggunakan *GARCH* yaitu dengan nilai RSE sebesar 330.86 dan 397.25.

Berikutnya yang berhubungan dengan sektor industri yaitu Analisis Peramalan Penjualan Semen Non-Curah (Zak) PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pada Area Jawa Timur dengan membandingkan dua metode peramalan yakni *Holt Exponential Smoothing* dan *Holt Winters Exponential Smoothing* oleh Feby Artwodini Muqtadiroh, Avia Riska Syofiani, dan Terry Safiria Ramadhani dari Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Peramalan menggunakan data hasil penjualan semen pada tahun 2012-2014 di provinsi Jawa Timur untuk peramalan penjualan pada tahun 2015. Didapatkan bahwa metode analisis tren *Holt Winter's Exponential Smoothing* lebih cocok diterapkan karena memiliki nilai MAD, MSE, dan MAPE yang lebih kecil.

Haryanto Tanuwijaya dari STIKOM Surabaya dengan judul penelitian Penerapan Metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan *Single Moving Average* dalam Sistem Informasi Pengadaan Obat Rumah Sakit. Data penelitian diperoleh melalui dokumentasi data pembelian obat baik yang *hardcopy* maupun dalam bentuk *spreadsheet* selama 4 (empat) tahun sejak 2006 sampai dengan tahun 2009 di Rumah Sakit. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan informasi jumlah kebutuhan pemakaian obat bulan berikutnya yang tepat pada Rumah Sakit, meningkatkan motivasi juga meningkatkan kualitas pelayanan pasien RS sekaligus meringankan pasien yang berobat dengan harga terjangkau melalui penerapan metode dalam sistem informasi yang dibangun. Dari hasil menunjukkan bahwa 61,9% obat RS memiliki pola data bersifat stationer sehingga lebih tepat menggunakan metode *Simple Moving Average*. Sedangkan 38,1% obat sisanya memiliki pola data bersifat musiman sehingga lebih tepat menggunakan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing*.

Berikutnya jurnal dengan judul Perbandingan Metode *Holt Exponential Smoothing* dan *Holt Winter's Exponential Smoothing* Untuk Peramalan Penjualan Souvenir oleh Ruli Utami dari Institut Teknologi Adi Tama Surabaya dan Suryo Atmojo dari Universitas Wijaya Putra. Data yang di analisa dalam penelitian ini adalah data kuantitatif penjualan souvenir gelas dalam kurun waktu satu tahun (tahun 2016-2017). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Holt Winter's*

Exponential Smoothing lebih cocok dengan tingkat kesalahan peramalan MAPE sebesar 12,6% dibandingkan peramalan menggunakan *metode Holt Exponential Smoothing* dengan tingkat kesalahan MAPE sebesar 20,5%.

2.1.2. Extreme Learning Machine (ELM)

Extreme Learning Machine (ELM) diperkenalkan oleh Huang Guang Bin, Zhu, dan Siew pada tahun 2006 dalam penelitiannya yang berjudul *Extreme learning machine : Theory and applications*. Secara teori, proses pembelajaran jaringan menggunakan ELM membutuhkan waktu relatif singkat (Huang Guang-Bin, 2006). ELM merupakan sebuah algoritma pembelajaran jaringan syaraf tiruan pada model jaringan *single hidden layer feed forward (single-hidden layer feed forward network/SLFN)*. Metode pembelajaran ELM dibuat untuk mengatasi kelemahan-kelemahan dari jaringan syaraf tiruan terutama dalam hal *learning speed*.

Mukesh Tiwari, Jan Adamowski, dan Kazimierz Adamowski asal India dalam penelitiannya berjudul *Water Demand Forecasting Using Extreme Learning Machines* menyatakan bahwa ELM mampu menganalisis pola siklik dan tren dalam data deret waktu yang mudah digunakan dalam peramalan. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data peramalan permintaan air perkotaan tahun 2004-2006 untuk kota Calgary, Alberta, Kanada. Kesalahan prediksi jauh lebih kecil dan waktu eksekusi model lebih pendek dibandingkan dengan model *machine learning* lainnya yang dipertimbangkan dalam pekerjaan ini. ELM menunjukkan kelayakannya untuk prediksi *water demand*, apalagi penelitian ini memberikan kemajuan yang menjanjikan untuk model *machine learning* pada studi *water demand* dan data deret waktu lainnya.

Penelitian berjudul *Stream-flow forecasting using extreme learning machines: A case study in a semi-arid region in Iraq* oleh Zaher Mundher Yaseen, Othman Jaafar, Ravinesh C. Deo, Ozgur Kisi, Jan Adamowski, John Quilty, Ahmed El-Shafie melakukan penelitian terhadap aliran sungai di sungai Tigris di daerah semi kering Iraq. Penelitian ini mengevaluasi kinerja ELM dibandingkan dengan *Support Vector Regression (SVR)* dan *Generalized Regression Neural*

Network (GRNN). Akurasi hasil peramalan menunjukkan bahwa model ELM mengungguli SVR dan model GRNN di sejumlah ukuran statistik. Model ELM mencapai nilai RMSE yang lebih rendah sekitar 21,3% (relatif terhadap SVR) dan sekitar 44,7% (relatif terhadap GRNN). Berdasarkan temuan penelitian ini, beberapa rekomendasi disarankan untuk eksplorasi lebih lanjut model ELM dalam masalah peramalan hidrologi.

Penelitian berikutnya berjudul *Prediksi Penjualan Mi Menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM) di Kober Mie Setan Cabang Soekarno Hatta* oleh Ayustina Giusti, Agus Wahyu Widodo, dan Sigit Adinugroho dari Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya. Penelitian ini bertujuan agar bahan baku pembuatan mie tidak terbuang sia-sia, maka prediksi penjualan diperlukan oleh Kober Mie Setan cabang Soekarno Hatta. Hasil penelitian menunjukkan metode ELM memiliki kelebihan dalam *learning speed* dan tingkat *error* yang kecil. Berdasarkan pengujian yang dilakukan penelitian ini menghasilkan tingkat *error* terkecil yaitu sebesar 1,71% dengan menggunakan fitur data historis dan fitur data sisa penjualan.

Irwin Dwi Agustina, Wiwik Anggraeni, S.Si, M.Kom, Ahmad Mukhlason, S.Kom, M.Sc dari Jurusan Sistem Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, dalam penelitiannya yang berjudul *Penerapan Metode Extreme Learning Machine untuk Peramalan Permintaan* melakukan penelitian terhadap permintaan kaos dan pin di kota Surabaya. Penelitian membandingkan metode ELM dengan metode konvensional seperti *Moving Average* dan *Exponential Smoothing*. ELM menghasilkan *output* peramalan dengan tingkat kesalahan yang rendah yaitu MAPE 0,42 % pada produk kaos dan 0,95% pada produk pin. Metode peramalan *Moving Average* mempunyai tingkat kesalahan 19.19% pada produk kaos dan 55.43% pada produk pin. Sedangkan *Exponential Smoothing* mempunyai tingkat kesalahan 32.93% pada produk kaos dan 111.39% pada produk pin. *Training time* atau *learning speed* yang dibutuhkan oleh ELM sangat singkat, yaitu rata-rata 0.0059 detik.

BAB III

DASAR TEORI

3.1. Peramalan

Definisi dari peramalan adalah memperkirakan besarnya atau jumlah sesuatu pada waktu yang akan datang berdasarkan data pada masa lampau yang dianalisis secara alamiah khususnya menggunakan metode statistika (Sudjana, 1986). Peramalan biasanya dilakukan untuk mengurangi ketidakpastian terhadap sesuatu yang akan terjadi di masa yang akan datang. Suatu usaha untuk mengurangi ketidakpastian tersebut dilakukan dengan menggunakan metode peramalan.

Menurut (Makridakis, dkk., 1999) metode peramalan dibagi ke dalam dua kategori utama, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kualitatif dilakukan apabila data masa lalu tidak ada sehingga peramalan tidak bisa dilakukan. Dalam metode kualitatif, pendapat-pendapat dari para ahli akan menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan sebagai hasil dari peramalan yang telah dilakukan. Namun, apabila data masa lalu tersedia, peramalan dengan metode kuantitatif akan lebih efektif digunakan dibandingkan dengan metode kualitatif.

Peramalan dengan metode kuantitatif dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu model deret waktu dan model kausal. Model deret waktu didasarkan pada data yang dikumpulkan, dicatat, atau diamati berdasarkan urutan waktu dan peramalannya dilakukan berdasarkan pola tertentu dari data. Model kausal didasarkan pada hubungan sebab-akibat dan peramalan dilakukan dengan dugaan adanya hubungan antar variabel yang satu dengan yang lain (Santoso, 2009).

3.2. Analisis Deret Waktu

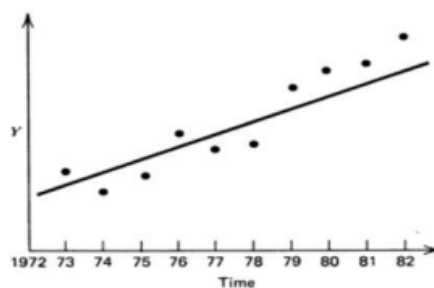
Analisis deret waktu merupakan metode peramalan kuantitatif untuk menentukan pola data pada masa lampau yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu, yang disebut data deret waktu.

Frekuensi dapat berupa detik, menit, jam, hari, minggu, bulan atau tahun (Montgomery, 2008).

Analisis deret waktu meliputi identifikasi komponen-komponen yang menyebabkan terjadinya fluktuasi dalam serangkaian data historis. Komponen komponen tersebut adalah sebagai berikut :

3.2.1. Pola kecenderungan (t)

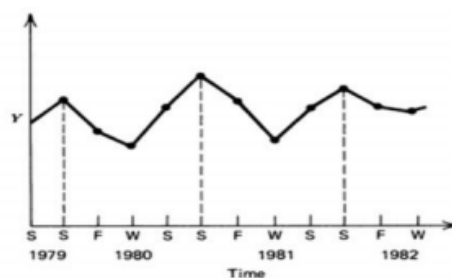
Jika dalam suatu deret terdapat gerakan naik ataupun turun dalam jangka panjang, maka deret tersebut dikatakan deret yang mengandung unsur kecenderungan (Makridakis, dkk., 1999).



Gambar 3.1 Pola Data Kecenderungan

3.2.2. Pola musiman (S)

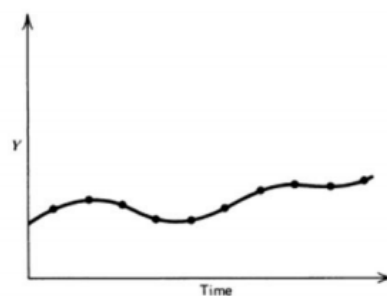
Komponen musiman juga merupakan fluktuasi periodik, tetapi periode waktunya sangat singkat yaitu satu tahun atau kurang. Gerakan musiman merupakan gerakan yang mempunyai pola-pola tetap atau identik dari waktu ke waktu dengan waktu yang kurang dari satu tahun. Dengan demikian jelas bahwa variasi musiman adalah suatu pola yang berulang dalam jangka pendek (Box, 1994).



Gambar 3.2 Pola Data Musiman

3.2.3. Pola siklis (C)

Pola data yang menunjukkan gerakan naik turun di sekitar garis kecenderungan dalam jangka panjang. Gerakan siklis ini bisa berulang setelah jangka waktu tertentu, misalnya setiap 3 tahun, 5 tahun atau bahkan lebih, tetapi bisa juga tidak berulang dalam jangka waktu yang sama. Dalam kegiatan bisnis dan ekonomi, gerakan-gerakan hanya dianggap siklis apabila timbul kembali setelah jangka waktu lebih dari 1 tahun (Cryer, 2008).



Gambar 3.3 Pola Data Siklis

3.2.4. Pola acak (I)

Komponen ini memperlihatkan fluktuasi yang acak sebagai akibat adanya suatu perubahan yang mendadak. Gerakan yang tidak teratur atau gerakan acak adalah gerakan dengan pola yang tidak teratur dan tidak dapat diperkirakan dalam waktu singkat. Gerakan ini disebabkan oleh peristiwa-peristiwa yang terjadi secara kebetulan seperti banjir, pemogokan, pemilihan umum, dan perubahan pemerintahan (Supangat, 2007).

3.3. Pemulusan eksponensial (*Exponential Smoothing*)

Pemulusan eksponensial merupakan suatu model peramalan rata-rata bergerak yang melakukan pembobotan terhadap data masa lalu dengan cara eksponensial sehingga data paling akhir mempunyai bobot atau timbangan lebih besar dalam rata-rata bergerak. Metode pemulusan eksponensial telah digunakan selama beberapa tahun sebagai suatu metode yang sangat berguna pada begitu banyak situasi peramalan. Bentuk umum yang digunakan untuk menghitung peramalan adalah :

$$F_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha)F_t$$

F_{t+1} = nilai peramalan pada satu periode berikutnya

α = konstanta pemulusan

y_t = data/observasi ke-t

F_t = data hasil peramalan pada periode ke-t

Implikasi dari *exponential smoothing* dapat dilihat dengan lebih baik, jika persamaan sebelumnya dijabarkan, yaitu mengganti F_t dengan komponennya seperti berikut :

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= \alpha y_t + (1 - \alpha)F_t \\ &= \alpha y_t + (1 - \alpha)[\alpha y_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}] \\ &= \alpha y_t + \alpha(1 - \alpha)y_{t-1} + (1 - \alpha)^2 F_{t-1} \end{aligned}$$

Pada tahun 1957 Robert Goodell Brown mengusulkan metode pemulusan eksponensial yang berlaku untuk data deret waktu yang tidak memiliki unsur kecenderungan dan musiman. Kemudian pada tahun 1957 diusulkan suatu prosedur pemulusan eksponensial untuk data deret waktu yang mengandung pola kecenderungan yang kemudian biasa disebut metode penghalusan eksponensial ganda dua parameter (*Holt Exponential Smoothing*) dari Holt. Pada tahun 1965 Winter mengembangkan metode dua parameter dari Holt tersebut untuk kasus yang memiliki unsur musiman. Winters menambahkan operasi penghalusan ketiga dan parameter ketiga untuk unsur musiman. Metode penghalusan eksponensial tripel dari Winter lebih dikenal sebagai metode (*Holt Winter's Exponential Smoothing*) (Makridakis, dkk., 1999).

3.4. Holt Winter's Exponential Smoothing

Metode Holt Winter's merupakan metode yang dapat menangani faktor musiman dan unsur kecenderungan yang muncul secara sekaligus pada sebuah data deret waktu (Kalekar, 2004). Metode ini didasarkan atas tiga unsur yaitu unsur stasioner, unsur kecenderungan dan musiman untuk setiap periode dan memberikan tiga pembobotan dalam prediksinya, yaitu α , β , dan γ . Menurut

(Mulyana, 2004) α , β , dan γ tersebut adalah Alpha (α) merupakan parameter yang mengontrol penghalusan relatif pada pengamatan yang baru dilakukan, Beta (β) merupakan parameter yang mengontrol penghalusan relatif pada pengamatan yang baru dilakukan untuk mengestimasi kemunculan unsur kecenderungan atau tren. Gamma (γ) merupakan parameter yang mengontrol penghalusan relatif pada pengamatan yang baru dilakukan untuk mengestimasi kemunculan unsur musiman. Besarnya koefisien α , β , γ , memiliki jarak diantara 0 dan 1 yang ditentukan secara subjektif atau dengan meminimalkan nilai kesalahan dari estimasi tersebut (Makridakis, dkk., 1999).

Bentuk umum yang digunakan untuk menghitung hasil peramalan adalah :

Pemulusan eksponensial :

$$L_t = \alpha (y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

Estimasi trend :

$$b_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

Estimasi musiman :

$$S_t = \gamma (y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

Untuk menentukan estimasi awal dari musiman, kita perlu menggunakan setidaknya satu musim data (yaitu sebanyak s periode). Oleh karenanya, kita memulai trend dan level pada periode ke- s .

Nilai awal untuk level pemulusan eksponensial :

$$L_s = \frac{1}{s} (y_1 + y_2 + \dots + y_s)$$

Nilai awal untuk trend :

$$b_s = \frac{1}{s} \left(\frac{y_{s+1} - y_1}{s} + \frac{y_{s+2} - y_2}{s} + \dots + \frac{y_{s+s} - y_s}{s} \right)$$

Nilai awal untuk musiman :

$$S_1 = y_i - L_s; i = 1, 2, \dots, s$$

Persamaan yang digunakan untuk membuat peramalan pada periode p yang akan datang adalah :

$$F_{t+m} = L_t + mb_t + S_{t+m-s}$$

dimana :

L_t = nilai pemulusan eksponensial periode t

α = konstanta pemulusan untuk data ($0 \leq \alpha \leq 1$)

β = konstanta pemulusan untuk estimasi trend ($0 \leq \beta \leq 1$)

μ = konstanta pemulusan untuk estimasi musiman ($0 \leq \mu \leq 1$)

L_s = nilai pemulusan eksponensial periode awal

b_s = estimasi trend pada periode awal

S_i = estimasi musiman periode awal

y_t = nilai aktual pada periode t

b_t = estimasi trend periode t

S_t = estimasi musiman periode t

t = periode ke- t

s = panjangnya musim

m = jumlah periode ke depan yang akan diramalkan

3.5. Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah adalah sistem pemroses komputasi informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi pada manusia. JST membuat model sistem komputasi informasi yang dapat menirukan cara kerja jaringan syaraf biologis. Jaringan syaraf tiruan banyak diaplikasikan ke berbagai bidang keilmuan antara lain :

a. Peramalan

Jaringan syaraf tiruan dapat dipakai untuk meramalkan apa yang akan terjadi di masa yang akan datang berdasarkan pola kejadian yang ada di masa yang lampau.

b. Pengenalan Pola

Jaringan syaraf tiruan dapat dipakai untuk mengenali pola (misal huruf, angka, suara, wajah, dan tanda tangan) yang sudah sedikit berubah. Hal ini mirip dengan otak manusia yang masih mampu mengenali orang yang sudah beberapa waktu tidak dijumpainya.

c. *Signal Processing*

Jaringan syaraf tiruan model apat dipakai untuk menekan *noise* dalam saluran telepon.

Di samping area-area tersebut jaringan syaraf tiruan juga dapat menyelesaikan masalah dalam bidang kontrol, kedokteran, dan lain-lain. Lapisan dalam jaringan syaraf tiruan dapat dibagi menjadi 3 bagian antara lain :

a. Lapisan *Input (Input Layer)*

Node-node di dalam lapisan *input* disebut *input layer*. Unit-unit *input* menerima *input* dari luar. *Input* yang dimasukkan merupakan penggambaran dari suatu masalah.

b. Lapisan Tersembunyi (*Hidden Layer*)

Node-node di dalam hidden layer disebut unit-unit tersembunyi.

c. Lapisan *Output (Output Layer)*

Node-node di dalam lapisan output disebut *output layer*. Keluaran atau *output* dari lapisan ini merupakan *output* jaringan syaraf tiruan terhadap suatu permasalahan.

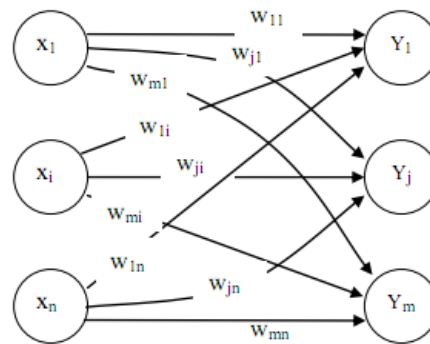
Jaringan syaraf tiruan ditentukan oleh 3 hal :

- a. Arsitektur jaringan, sebagai pola hubungan antar neuron.
- b. Algoritma, merupakan metode untuk menentukan bobot penghubung (*output weight*) atau bisa juga disebut proses *training/learning*.
- c. Fungsi aktivasi.

Arsitektur jaringan syaraf tiruan memiliki 3 macam lapisan. yaitu:

a. Jaringan dengan lapisan tunggal (*single layer network*)

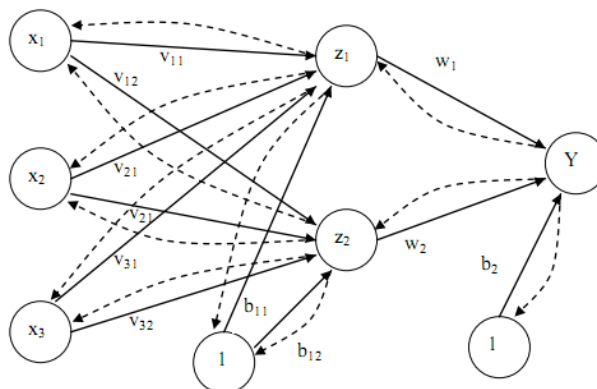
Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima *input* kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui lapisan *hidden*.



Gambar 3.4 Jaringan dengan lapisan tunggal (*single layer network*)

b. Jaringan dengan banyak lapisan (*multi layer network*)

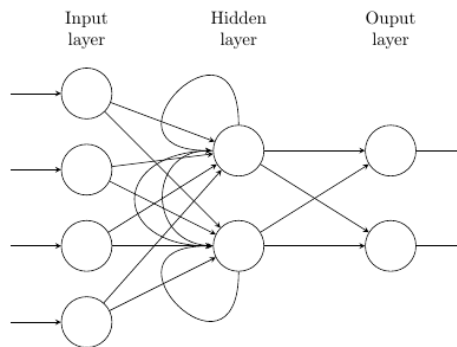
Jaringan dengan banyak lapisan memiliki lapisan yang lebih dari satu yang terletak di antara lapisan input dan lapisan output (memiliki 1 atau lebih lapisan tersembunyi). Jaringan banyak lapisan dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks dibandingkan layer tunggal, meskipun kadangkala proses pelatihan lebih kompleks dan lama.



Gambar 3.5 Jaringan dengan banyak lapisan (*multi layer network*)

c. Jaringan *reccurent*

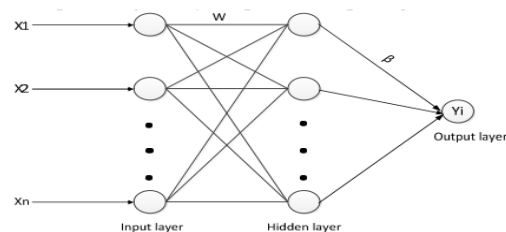
Umumnya, hubungan antar neuron pada lapisan kompetitif ini tidak diperlihatkan pada diagram arsitektur. Model jaringan *reccurent* mirip dengan layer tunggal maupun ganda. Hanya saja, ada neuron *output* yang memberikan sinyal pada unit *input* (sering disebut *feedback loop*).



Gambar 3.6 Jaringan reccurent

3.6. Extreme Learning Machine (ELM)

Extreme Learning Machine (ELM) diperkenalkan oleh (Huang, Zhu, dan Siew, 2006). ELM merupakan metode pengembangan dari jaringan syaraf tiruan *feedforward* sederhana dengan menggunakan satu *hidden layer* atau biasa dikenal dengan *Single Hidden Layer Feedforward Neural Networks* (SLFN). Jaringan *feedforward* menggunakan parameter-parameter yang ditentukan secara manual seperti *input weight* dan bias. *Input weight* dan bias ini dibangkitkan secara acak dalam suatu rentang tertentu. Dengan nilai yang diacak tersebut, bisa menghindari hasil prediksi yang tidak stabil. Secara umum struktur ELM ditunjukkan :



Gambar 3.7 Struktur umum ELM

Pada ELM parameter-parameter seperti *input weight* dan *hidden bias* dipilih secara random, sehingga ELM memiliki *learning speed* yang cepat. Langkah – langkah dalam melakukan prediksi menggunakan ELM adalah sebagai berikut :

3.6.1. Normalisasi data

Normalisasi data dilakukan karena *range* nilai *input* tidak sama. *Input* akan diproses ke nilai *output* yang kecil sehingga data yang digunakan harus disesuaikan agar dapat diproses untuk mendapatkan nilai normalisasi yang kecil. Dalam penelitian ini, data yang digunakan akan disesuaikan dengan cara menormalisasi data. Berikut adalah proses normalisasi data menggunakan metode Min-Max Normalization (Jain and Bhandare 2011) :

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

dimana :

d' = nilai dari hasil normalisasi data

d = nilai asli data

$\min$ = nilai minimum pada data set fitur X

$\max$ = nilai maksimal pada data set fitur X

3.6.2. Proses *training*

Proses *training* harus dilalui sebelum melakukan proses prediksi. Tujuannya adalah untuk mendapatkan nilai *output weight*. Langkah-langkah proses *training* yaitu sebagai berikut (Huang, Zhu and Siew, 2006) :

- a. Langkah pertama adalah menginisialisasi *input weight* dan bias. Nilai ini diinisialisasi secara acak dengan *range* antara -1 hingga 1.
- b. Keluaran di *hidden layer* dihitung menggunakan fungsi aktivasi. Langkah pertama adalah menghitung keluaran *hidden layer* (H_{init}), setelah nilai H_{init} didapatkan kemudian dihitung menggunakan fungsi aktivasi. Berikut adalah persamaan untuk menghitung keluaran di *hidden layer* :

Keterangan :

$$H_{init\ ij} = \left(\sum_{k=1}^n w_{jk} \cdot x_{ik} \right) + b_j$$

H_{init} = Matriks keluaran *hidden layer*

i = [1,2,...,N], dimana N adalah keseluruhan jumlah data

j = [1,2,..., N], dimana N adalah keseluruhan jumlah *hidden* neuron

n = Jumlah *input* neuron

w = Bobot *input*

x = *Input* data yang digunakan

b = Nilai bias

- c. Menghitung *output weight*. Untuk mendapatkan *output weight*, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menstranspose matriks hasil keluaran *hidden layer* dengan fungsi aktivasi. Setelah ditranspose, matriks transpose tersebut dikalikan dengan matriks hasil keluaran *hidden layer* dengan fungsi aktivasi biasa disebut matriks H . Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai invers dari matriks H tersebut. Setelah itu menghitung matriks Moore-Penrose Generalized Invers dari hasil keluaran *hidden layer* dengan fungsi aktivasi. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai *output weight* :

$$\beta = H^+T$$

Keterangan:

β = Matriks *output weight*

H^+ = Matriks Invers dari matriks H

T = Matriks target

3.6.3. Proses *testing*

Pada proses ini ini bertujuan untuk mengevaluasi metode ELM dari hasil proses *training* sebelumnya. Proses *testing* dilakukan menggunakan *input weight*, bias dan *output weight* yang didapatkan dari proses *training*. Berikut langkah-langkah proses *testing* adalah sebagai berikut :

- Langkah pertama adalah menginisialisasi *input weight* dan bias yang telah didapatkan dari proses *training*.
- Keluaran di *hidden layer* dihitung menggunakan fungsi aktivasi.
- Nilai *output weight* yang telah didapatkan pada proses *training* digunakan untuk menghitung keluaran *output layer* yang merupakan hasil prediksi. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai *output layer* :

$$y = H\beta$$

Keterangan :

y = *Output layer* yang merupakan hasil prediksi

β = nilai *output weight* didapatkan dari proses *training*

H = Keluaran di *hidden layer* dihitung dengan fungsi aktivasi

- d. Langkah terakhir adalah menghitung nilai *error* semua *output layer*. Nilai *error* ini menunjukkan nilai kesalahan dari hasil prediksi yang didapatkan.

3.6.4. Proses denormalisasi data

Proses ini berfungsi untuk membangkitkan nilai yang telah dinormalisasi menjadi nilai asli. Berikut adalah persamaan untuk proses denormalisasi data :

$$d = d'(\max - \min) + \min$$

dimana :

d' = nilai hasil prediksi sebelum di denormalisasi

d = nilai asli setelah didenormalisasi

$\min$ = nilai minimum pada data set fitur X

$\max$ = nilai maksimal pada data set fitur X

3.7. Ukuran Kesalahan Peramalan

Untuk mengevaluasi hasil peramalan, digunakan ukuran kesalahan peramalan. Hasil parameter peramalan yang terbaik adalah harga yang memberikan nilai kesalahan peramalan yang terkecil. Ukuran kesalahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah termasuk ukuran standar statistik adalah Nilai rata-rata kesalahan kuadrat (*Mean Squared Error*) dan nilai rata-rata kesalahan persentase absolut (*Mean Absolute Percentage Error*).

3.6.1. Mean Squared Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) adalah metode untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing-masing kesalahan atau bias dikuadratkan kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Berikut rumus untuk menghitung *Mean Squared Error* (MSE) :

$$\text{MSE} = \frac{\sum e_i^2}{n} = \frac{\sum (X_i - F_i)^2}{n}$$

- n : jumlah periode waktu data
 e_i : kesalahan pada periode waktu ke- i
 X_i : data pada periode waktu ke- i
 F_i : ramalan untuk periode waktu ke- i

3.6.2. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata. Rumus untuk menghitung *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* adalah sebagai berikut :

$$\text{MAPE} = \frac{\sum \frac{|e_i|}{X_i} \times 100\%}{n} = \frac{\sum \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\%}{n}$$

- n : jumlah periode waktu data
 e_i : kesalahan pada periode waktu ke- i
 X_i : data pada periode waktu ke- i
 F_i : ramalan untuk periode waktu ke- i

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian ini adalah hasil penjualan bulan domestik PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Sedangkan data yang digunakan dalam penelitian ini yakni data penjualan bulanan domestik untuk tiga perusahaan penghasil semen yaitu PT Semen Gresik, PT Semen Padang, PT Semen Tonasa dari PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Januari 2006 - Agustus 2017. Peramalan dilakukan untuk tahun 2018 berupa data penjualan bulan Januari sampai dengan Desember 2018 penjualan domestik untuk setiap perusahaan PT Semen Gresik, PT Semen Padang, PT Semen Tonasa. Data yang diperoleh merupakan data publikasi hasil penjualan pada *website* resmi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk yaitu <http://www.semenindonesia.com>.

4.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini berada di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk pada *website* resmi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk yaitu <http://www.semenindonesia.com>. Penelitian tugas akhir ini dilakukan pada tahun 2017.

4.3. Variabel Penelitian

Penelitian tugas akhir ini menggunakan variabel-variabel sebagai berikut :

- a. Hasil penjualan domestik perusahaan PT Semen Gresik Januari 2006-Agustus 2017.
- b. Hasil penjualan domestik perusahaan PT Semen Padang Januari 2006-Agustus 2017.
- c. Hasil penjualan domestik perusahaan PT Semen Tonasa Januari 2006-Agustus 2017.

4.4. Metode Pengumpulan Data

Jenis data dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari publikasi di *website* resmi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk yaitu <http://www.semenindonesia.com>. Publikasi yang diberi judul Laporan Penjualan tahun 2006-2017. Membahas hasil penjualan per bulan baik domestik maupun ekspor untuk setiap perusahaan PT Semen Gresik, PT Semen Padang, dan PT Semen Tonasa.

4.5. Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini menggunakan metode analisis metode peramalan *Holt winter's Exponential Smoothing* dan *Extreme Learning Machine (ELM)*. Dilanjutkan dengan membandingkan hasil peramalan dari *Holt winter's Exponential Smoothing* dan *Extreme Learning Machine (ELM)*. Kemudian ditentukan metode terbaik peramalan dengan membandingkan tingkat kesalahan atau (*error*) terkecil. Alat bantu yang digunakan dalam analisis ini yakni perangkat lunak R.i386.3.4.2 dan Microsoft excel 2013.

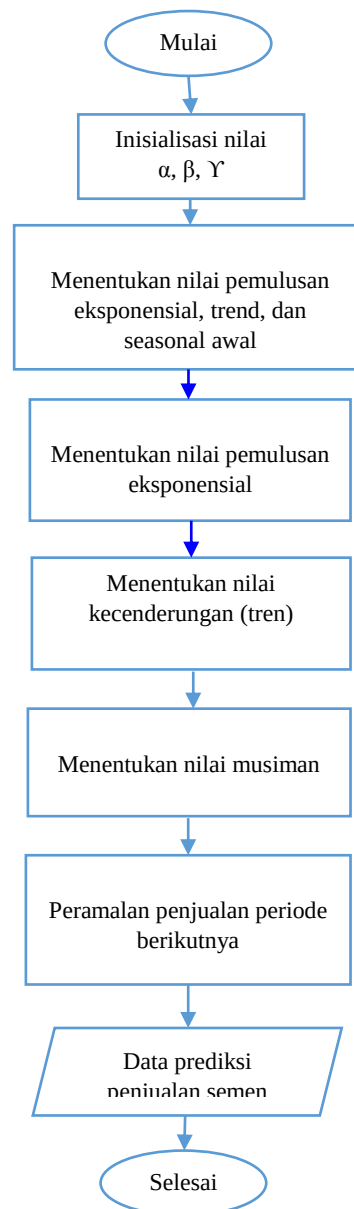
4.6. Tahapan Penelitian

4.6.1. Tahapan penelitian holt winter's exponential smoothing

Langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan peramalan penjualan PT Semen Indonesia (Persero) Tbk tahun 2018 adalah sebagai berikut :

1. Dimulai dari perumusan masalah.
2. Langkah selanjutnya menentukan nilai α , β , dan γ dengan cara *trial* dan *error*.
3. Tentukan nilai pemulusan eksponensial awal, nilai pemulusan kecenderungan, dan nilai pemulusan musiman awal.
4. Langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai pemulusan eksponensial (L_t).
5. Tentukan nilai pemulusan kecenderungan atau *trend* (b_t).
6. Tentukan nilai pemulusan musiman atau *seasonal* (S_t).

7. Lakukan peramalan penjualan untuk periode selanjutnya (F_{t+m}) dengan mengakumulasikan hasil pemulusan eksponensial, pemulusan *trend*, dan pemulusan *seasonal*.
8. Setelah itu, lakukan penyajian data dan pembahasan pada hasil *output*.
9. Pengambilan Kesimpulan.

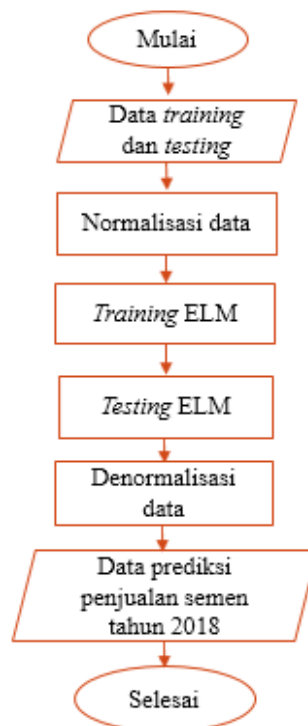


Gambar 4.1 Diagram alir Holt Winter's Exponential Smoothing

4.6.2. Tahapan penelitian extreme learning machine (ELM)

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Dimulai dari perumusan masalah.
2. Lakukan pembagian data *training* dan data *testing* sebagai masukan.
3. Lakukan proses normalisasi pada data.
4. Langkah selanjutnya yaitu lakukan *training* pada data penjualan untuk menjadi acuan untuk peramalan penjualan tahun 2018.
5. Lakukan *testing* data penjualan berdasarkan hasil *training* untuk menentukan hasil peramalan penjualan tahun 2018.
6. Lakukan proses denormalisasi pada data.
7. Setelah itu, lakukan penyajian data dan pembahasan pada hasil *output*
8. Pengambilan kesimpulan.



Gambar 4.2 Diagram alir Extreme Learning Machine (ELM)

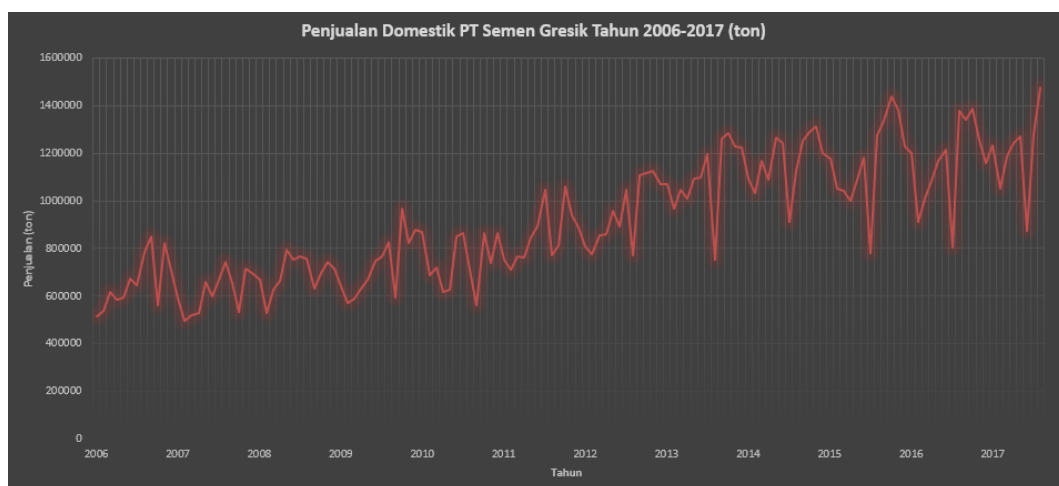
BAB V

PEMBAHASAN

Pada BAB ini, penulis akan menjelaskan hasil dari peramalan penjualan PT Semen Indonesia (Persero) Tbk metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan *Extreme Learning Machine (ELM)*.

5.1. Analisis Deskriptif

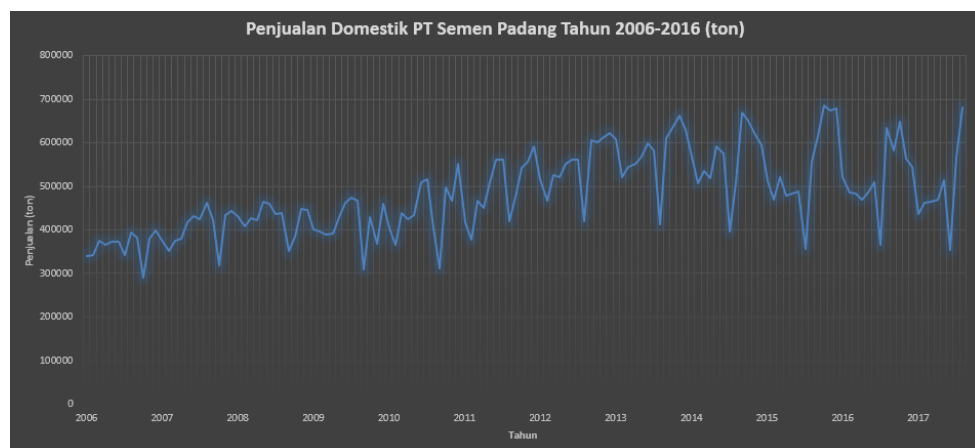
Didalam analisis deskriptif ini, peneliti akan menjelaskan bagaimana gambaran mengenai data penjualan semen PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, agar data yang ada dapat lebih mudah dipahami dan informatif bagi yang pembacanya. Berikut adalah gambaran tentang penjualan semen PT Semen Indonesia (Persero) Tbk dimulai dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2017.



Gambar 5.1. Grafik penjualan semen domestik PT Semen Gresik tahun 2006-2017

Gambar 5.1 merupakan grafik hasil penjualan PT Semen Gresik. Sumbu x merupakan tahun yakni sejak tahun 2006 sampai dengan 2017, dan sumbu y merupakan hasil penjualan semen dalam satuan ton. Berdasarkan **Gambar 5.1**, dapat diketahui bahwa penjualan domestik PT Semen Gresik tahun 2006-2011 secara umum memiliki tren yang cenderung naik, fluktuasi terjadi setiap tahunnya secara tidak konstan. Pada tahun 2006 penjualan semen berkisar antara 500.000-850.000 ton setiap bulannya. Tahun 2007 penjualan masih berkisar antara

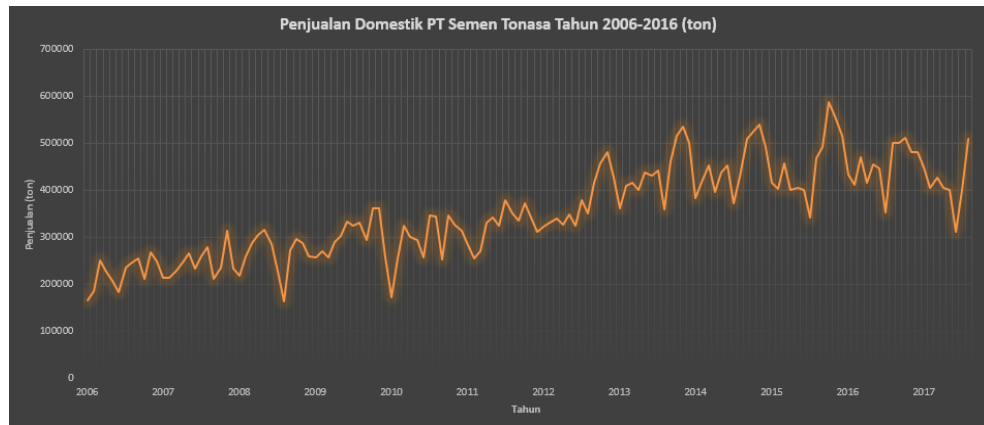
500.000- 750.000 ton, hal ini menunjukkan tingkat penjualan lebih rendah dibanding tahun sebelumnya. Sedikit peningkatan penjualan terjadi pada tahun 2008 yaitu berkisar antara 600.000-800.000 ton, dengan penurunan ekstrim angka penjualan terjadi pada bulan Februari sebesar 527.449 ton. Penurunan penjualan paling ekstrim untuk tahun 2009 terjadi pada bulan Februari yaitu sebesar 572.067 ton dan hasil penjualan tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 966.771 ton. Rata-rata penjualan juga meningkat pada tahun 2010 dengan rentang 550.000-850.000 ton dengan penjualan terendah pada bulan September dan penjualan tertinggi pada bulan Januari. Tahun 2011 mengalami kenaikan penjualan yang drastis, yaitu berkisar antara 700.000-1.000.000 ton penjualan. Pada tahun 2012 penjualan berkisar antara 770.000-1.100.000 ton dengan penjualan tertinggi pada bulan November sebesar 1.126.182 ton. Rata-rata penjualan pada tahun 2013 dengan rentang 900.000-1.280.000 ton dengan penurunan penjualan terendah pada bulan Agustus sebesar 754.313 ton. Kenaikan rata-rata penjualan terjadi pada tahun 2014 dengan rentang 1.000.000-1.300.000 ton dengan penurunan penjualan terendah pada bulan Juli sebesar 911.094 ton, dan tertinggi pada bulan November. Tahun 2015 penjualan dengan rentang 1.000.000-1.450.000 ton dengan penurunan penjualan terendah pada bulan Juli sebesar 779.316 ton, dan tertinggi pada bulan Oktober. Pada tahun 2016 dengan rentang hasil penjualan sebesar 1.000.000-1.400.000 ton, penurunan penjualan terendah pada bulan Juli serta Februari sebesar 805.256 dan 912.281 ton, dan tertinggi pada bulan Oktober.



Gambar 5.2. Grafik Penjualan semen domestik PT Semen Padang tahun 2006-2017

Gambar 5.2 merupakan grafik hasil penjualan PT Semen Padang. Sumbu x merupakan tahun yakni sejak tahun 2006 sampai dengan 2017, dan sumbu y merupakan hasil penjualan semen dalam satuan ton. Berdasarkan **Gambar 5.2**, dapat diketahui bahwa penjualan domestik PT Semen Padang tahun 2006-2011 secara umum memiliki tren yang cenderung naik, fluktuasi terjadi setiap tahunnya secara tidak konstan. Secara umum, hasil penjualan PT Semen Padang lebih rendah dibandingkan hasil penjualan PT Semen Gresik. Pada tahun 2006 penjualan semen berkisar antara 300.000-400.000 ton setiap bulannya, penjualan tertinggi terjadi pada bulan Oktober sedangkan terendah pada bulan Desember. Tahun 2007 penjualan berkisar antara 300.000- 460.000 ton, penjualan tertinggi terjadi pada bulan Oktober sedangkan terendah pada bulan Agustus. Pada tahun 2008 penjualan berkisar antara 400.000-460.000 ton, dengan penurunan angka penjualan terjadi pada bulan September dan Oktober sebesar 351.863 dan 385.394 ton. Penurunan penjualan paling rendah untuk tahun 2009 terjadi pada bulan September yaitu sebesar 308.185 ton dan hasil penjualan tertinggi terjadi pada bulan Juli sebesar 308.185 ton. Rata-rata penjualan meningkat pada tahun 2010 dengan rentang 400.000-550.000 ton dengan penjualan terendah pada bulan Februari dan September dan penjualan tertinggi pada bulan Desember. Tahun 2011 penjualan berkisar antara 370.000-600.000 ton penjualan, dengan penjualan terendah pada bulan Februari dan penjualan tertinggi pada bulan Desember. Pada tahun 2012 penjualan mengalami peningkatan yang berkisar antara 420.000-620.000 ton dengan penjualan tertinggi pada bulan Desember. Rata-rata penjualan pada tahun 2013 dengan rentang 520.000-660.000 ton dengan penurunan penjualan paling ekstrim pada bulan Agustus sebesar 413.026 ton. Kenaikan rata-rata penjualan terjadi pada tahun 2014 dengan rentang 500.000-660.000 ton dengan penurunan penjualan terendah pada bulan Juli sebesar 397.127 ton, dan tertinggi pada bulan September. Tahun 2015 penjualan dengan rentang 480.000-680.000 ton dengan penurunan penjualan ekstrem pada bulan Juli sebesar 355.934 ton, dan penjualan tertinggi pada bulan Oktober. Pada tahun 2016 dengan rentang hasil penjualan sebesar 460.000-640.000 ton dengan

penurunan penjualan ekstrem pada bulan Juli sebesar 366.438 ton, sedangkan penjualan tertinggi pada bulan Oktober.



Gambar 5.3. Grafik Penjualan semen domestik PT Semen Tonasa tahun 2006-2017

Gambar 5.3 merupakan grafik hasil penjualan PT Semen Tonasa. Sumbu x merupakan tahun yakni sejak tahun 2006 sampai dengan 2017, dan sumbu y merupakan hasil penjualan semen dalam satuan ton. Berdasarkan **Gambar 5.3**, dapat diketahui bahwa penjualan domestik PT Semen Tonasa tahun 2006-2011 secara umum memiliki tren yang cenderung naik, fluktuasi terjadi setiap tahunnya secara tidak konstan. Secara umum, hasil penjualan PT Semen Padang paling rendah dibandingkan hasil penjualan PT Semen Gresik dan PT Semen Padang. Pada tahun 2006 penjualan semen berkisar antara 160.000-270.000 ton setiap bulannya, penjualan tertinggi terjadi pada bulan November sedangkan terendah pada bulan Januari. Tahun 2007 penjualan mengalami sedikit peningkatan berkisar antara 210.000- 310.000 ton, penjualan tertinggi terjadi pada bulan November sedangkan terendah pada bulan September. Pada tahun 2008 penjualan berkisar antara 210.000-310.000 ton, dengan penurunan ekstrem angka penjualan terjadi pada bulan November sebesar 164502 ton, sedangkan tertinggi pada bulan Mei. Tahun 2009 penjualan berkisar antara 30.000- 470.000 ton, penjualan tertinggi terjadi pada bulan Oktober sedangkan terendah pada bulan Maret. Rata-rata penjualan meningkat pada tahun 2010 dengan rentang 250.000-350.000 ton dengan penjualan terendah ekstrem pada bulan Januari sebesar 171.916 ton dan penjualan tertinggi pada bulan Juli. Tahun 2011 penjualan bekisar antara 250.000-

380.000 ton penjualan, dengan penjualan terendah pada bulan Februari dan penjualan tertinggi pada bulan Juli. Pada tahun 2012 penjualan mengalami peningkatan yang berkisar antara 320.000-480.000 ton dengan penjualan tertinggi pada bulan November dan terendah pada bulan Februari. Rata-rata penjualan pada tahun 2013 dengan rentang 400.000-530.000 ton dengan penurunan penjualan paling ekstrim pada bulan Januari dan Agustus sebesar 360.718 dan 360.718 ton. Rata-rata penjualan pada tahun 2014 dengan rentang 370.000-540.000 ton, penurunan penjualan terendah pada bulan Juli ton, dan tertinggi pada bulan November. Tahun 2015 penjualan dengan rentang 400.000-580.000 ton dengan penurunan penjualan ekstrem pada bulan Juli sebesar 342.500 ton, dan penjualan tertinggi pada bulan Oktober. Pada tahun 2016 dengan rentang hasil penjualan sebesar 400.000-510.000 ton dengan penurunan penjualan ekstrem pada bulan Juli sebesar 353.153 ton, sedangkan penjualan tertinggi pada bulan Oktober. Secara umum, grafik menunjukkan bahwa pola data untuk PT Semen Gresik, PT Semen Padang, maupun PT Semen Tonasa memiliki kecenderungan atau tren naik dari tahun ke tahun, fluktuasi terjadi setiap tahunnya, dan sejak tahun 2012 sampai dengan 2017 memiliki pola yang sama untuk setiap tahunnya. Salah satu penyebab hal tersebut adalah adanya peningkatan baik APBN maupun APBD terutama untuk alokasi pembangunan infrastruktur di Indonesia sejak tahun 2009 mencapai 1.000 triliun, hingga naik sekitar 5 sampai 7 persen setiap tahunnya. Hingga pada tahun 2015 APBN meningkat mencapai 2.000 triliun.

Grafik menunjukkan data penjualan semen baik PT Semen Gresik, PT Semen Padang, maupun PT Semen Tonasa menunjukkan pola yang sama selama satu periode. Penurunan penjualan terjadi pada awal tahun hingga pertengahan tahun, dan kenaikan yang signifikan terjadi sekitar bulan Oktober sampai dengan November. Berdasarkan data dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), salah satu faktor pemicu pola ini adalah proyek pembangunan infrastruktur prioritas untuk setiap tahunnya selalu direncanakan pada awal hingga pertengahan tahun, sehingga eksekusi hingga penyelesaian pembangunan proyek infrastruktur dilakukan pertengahan tahun hingga target capaian penyelesaian proyek.

5.2. Holt Winter's Exponensial Smoothing

5.2.1. Menentukan nilai alpha (α), beta (β), dan gamma (γ)

Alpha (α) merupakan parameter yang mengontrol penghalusan relatif pada pengamatan yang baru dilakukan, Beta (β) merupakan parameter yang mengontrol penghalusan relatif pada pengamatan yang baru dilakukan untuk mengestimasi kemunculan unsur kecenderungan atau tren. Gamma (γ) merupakan parameter yang mengontrol penghalusan relatif pada pengamatan yang baru dilakukan untuk mengestimasi kemunculan unsur musiman. Dalam metode ini, nilai alpha (α), beta (β), dan gamma (γ) dapat ditentukan dengan cara *trial and error* yang bisa meminimumkan nilai *error*. Besarnya nilai alpha (α), beta (β), dan gamma (γ) antara 0 sampai 1. (Makridakis, dkk., 1999).

Berdasarkan hasil dari program R maka nilai alpha (α), beta (β), dan gamma (γ) optimum adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Nilai alpha (α), beta (β), dan gamma (γ)

PT	Alpha (α)	Beta (β)	Gamma (γ)
PT Semen Gresik	0,2769331	0,01995652	1
PT Semen Padang	0,2247887	0,01076943	1
PT Semen Tonasa	0,1357394	0	0,5078813

5.2.2. Menentukan nilai pemulusan eksponensial awal

Menentukan nilai pemulusan eksponensial dapat dilakukan secara langsung yaitu dengan memilih nilai rata-rata satu periode awal menjadi nilai pemulusan awal.

$$L_s = \frac{1}{s}(y_1 + y_2 + \dots + y_s)$$

dimana :

L_s = nilai pemulusan eksponensial periode awal

y_t = nilai aktual pada periode ke-t

a. PT Semen Gresik

$$\begin{aligned} L_{12} &= 1/12 (515.361 + 539.355 + 615.422 + 585.376 + 594.425 + 672.586 \\ &\quad + 644.380 + 787.685 + 849.648 + 561.973 + 823.121 + 705.148) \\ &= 657.873,33 \end{aligned}$$

b. PT Semen Padang

$$L_{12} = 1/12 (340.864 + 343.160 + 374.212 + 366.821 + 372.598 + 372.459$$

$$\begin{aligned}
 &+ 341.534 + 393.822 + 382.376 + 290.011 + 380.072 + 399.506) \\
 &= 363.119,58
 \end{aligned}$$

c. PT Semen Tonasa

$$\begin{aligned}
 L_{12} &= 1/12(165,617 + 184.790 + 250.358 + 226.246 + 208.319 + 182.425 \\
 &\quad + 236.379 + 246.741 + 254.579 + 211.392 + 269.273 + 248.480 \\
 &= 223.716,58
 \end{aligned}$$

5.2.3. Menentukan nilai kecenderungan awal

Menentukan nilai kecenderungan atau trend awal pada musim pertama maka digunakan rumus berikut

$$b_s = \frac{1}{s} \left(\frac{y_{s+1} - y_1}{s} + \frac{y_{s+2} - y_2}{s} + \dots + \frac{y_{s+s} - y_s}{s} \right)$$

dimana :

b_s = estimasi trend pada periode awal

y_s = nilai aktual pada satu periode awal

a. PT Semen Gresik

$$\begin{aligned}
 b_{12} &= \frac{1}{12} \left(\frac{587.532 - 515.361}{12} + \frac{494.695 - 539.355}{12} + \dots + \frac{698.313 - 705.148}{12} \right) \\
 &= -3.416,15
 \end{aligned}$$

b. PT Semen Padang

$$\begin{aligned}
 b_{12} &= \frac{1}{12} \left(\frac{374.082 - 340.864}{12} + \frac{351.078 - 343.160}{12} + \dots + \frac{443.872 - 399.506}{12} \right) \\
 &= 3.326,42
 \end{aligned}$$

c. PT Semen Tonasa

$$\begin{aligned}
 b_{12} &= \frac{1}{12} \left(\frac{212.979 - 165.617}{12} + \frac{214.259 - 184.790}{12} + \dots + \frac{232.482 - 248.480}{12} \right) \\
 &= 1.760,70
 \end{aligned}$$

5.2.4. Menentukan nilai faktor musiman awal

Menentukan nilai faktor musiman awal diperlukan minimal satu periode data musiman awal. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S_i = y_t - L_s$$

dimana :

S_i = estimasi musiman periode awal

L_s = nilai pemulusan eksponensial periode awal

y_t = nilai aktual pada periode ke-t

a. PT Semen Gresik

$$S_1 = y_1 - L_{12} = 515.361 - 657.873,33 = -142.512,33$$

$$S_2 = y_2 - L_{12} = 539.355 - 657.873,33 = -118.518,33$$

$$S_3 = y_3 - L_{12} = 615.422 - 657.873,33 = -42.451,33$$

$$S_4 = y_4 - L_{12} = 585.376 - 657.873,33 = -72.497,33$$

$$S_5 = y_5 - L_{12} = 594425 - 657.873,33 = -63.448,33$$

$$S_6 = y_6 - L_{12} = 672586 - 657.873,33 = 14.712,67$$

$$S_7 = y_7 - L_{12} = 644380 - 657.873,33 = -13.493,33$$

$$S_8 = y_8 - L_{12} = 787685 - 657.873,33 = 129.811,67$$

$$S_9 = y_9 - L_{12} = 849648 - 657.873,33 = 191.774,67$$

$$S_{10} = y_{10} - L_{12} = 561973 - 657.873,33 = -95.900,33$$

$$S_{11} = y_{11} - L_{12} = 823121 - 657.873,33 = 165.247,67$$

$$S_{12} = y_{12} - L_{12} = 705148 - 657.873,33 = 47.274,67$$

b. PT Semen Padang

$$S_1 = y_1 - L_{12} = 340.864 - 363.119,58 = -222.55,58$$

$$S_2 = y_2 - L_{12} = 343.160 - 363.119,58 = -19.959,58$$

$$S_3 = y_3 - L_{12} = 374.212 - 363.119,58 = 11.092,42$$

$$S_4 = y_4 - L_{12} = 366.821 - 363.119,58 = 3.701,42$$

$$S_5 = y_5 - L_{12} = 372.598 - 363.119,58 = 9.478,42$$

$$S_6 = y_6 - L_{12} = 372.459 - 363.119,58 = 9.339,42$$

$$S_7 = y_7 - L_{12} = 341.534 - 363.119,58 = -21.585,58$$

$$S_8 = y_8 - L_{12} = 393.822 - 363.119,58 = 30.702,42$$

$$S_9 = y_9 - L_{12} = 382.376 - 363.119,58 = 19.256,42$$

$$S_{10} = y_{10} \cdot L_{12} = 290.011 - 363.119,58 = -73.108,58$$

$$S_{11} = y_{11} \cdot L_{12} = 380.072 - 363.119,58 = 16.952,42$$

$$S_{12} = y_{12} \cdot L_{12} = 399.506 - 363.119,58 = 36.386,42$$

c. PT Semen Tonasa

$$S_1 = y_1 \cdot L_{12} = 165.617 - 223.716,58 = -58.099,58$$

$$S_2 = y_2 \cdot L_{12} = 184.790 - 223.716,58 = -38.926,58$$

$$S_3 = y_3 \cdot L_{12} = 250.358 - 223.716,58 = 26.641,42$$

$$S_4 = y_4 \cdot L_{12} = 226.246 - 223.716,58 = 2.529,42$$

$$S_5 = y_5 \cdot L_{12} = 208.319 - 223.716,58 = -15.397,58$$

$$S_6 = y_6 \cdot L_{12} = 182.425 - 223.716,58 = -41.291,58$$

$$S_7 = y_7 \cdot L_{12} = 236.379 - 223.716,58 = 12.662,42$$

$$S_8 = y_8 \cdot L_{12} = 246.741 - 223.716,58 = 23.024,42$$

$$S_9 = y_9 \cdot L_{12} = 254.579 - 223.716,58 = 30.862,42$$

$$S_{10} = y_{10} \cdot L_{12} = 211.392 - 223.716,58 = -12.324,58$$

$$S_{11} = y_{11} \cdot L_{12} = 269.273 - 223.716,58 = 45.556,42$$

$$S_{12} = y_{12} \cdot L_{12} = 248.480 - 223.716,58 = 24.763,42$$

5.2.5. Menentukan nilai pemulusan eksponensial

Untuk periode berikutnya nilai pemulusan eksponensial dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_t = \alpha (y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

dimana :

L_t = nilai pemulusan eksponensial periode t

α = konstanta pemulusan untuk data ($0 \leq \alpha \leq 1$)

y_t = nilai aktual pada periode t

S_t = estimasi musiman periode t

a. PT Semen Gresik

$$\begin{aligned} L_{13} &= 0,2957755 (587.532 - (-142.512,33)) + (1 - 0,2957755)(657.873,33 + (-3.416,15)) \\ &= 676.814,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{14} &= 0,2957755 (494.695 - (-118.518,33)) + (1 - 0,2957755)(676.814,01 + (-2.987,14)) \\ &= 655.898,87 \end{aligned}$$

:

:

$$L_{156} = 0,2957755 (1.214.882,78 - (71.911,13)) + (1 - 0,2957755)(1.140.579,29 + 2.392,37) \\ = 1.142.971,66$$

b. PT Semen Padang

$$L_{13} = 0,229115 (374.082 - (-22.255,58)) + (1 - 0,229115)(363.119,58 + 3.326,42) \\ = 373.294,61$$

$$L_{14} = 0,229115 (351.078 - (-19.959,58)) + (1 - 0,229115)(373.294,61 + 3.553,10) \\ = 375.516,52$$

:

:

$$L_{156} = 0,229115 (518.810,66 - (-1.053,64)) + (1 - 0,229115)(490.891,42 + (-1.053,64)) \\ = 489.837,78$$

c. PT Semen Tonasa

$$L_{13} = 0,1231841 (212.979 - (-58.099,58)) + (1 - 0,1231841)(223.716,58 + 1.760,70) \\ = 231.094,64$$

$$L_{14} = 0,1231841 (214.259 - (-38.926,58)) + (1 - 0,1231841)(231.094,64 + 1.760,70) \\ = 235.359,70$$

:

:

$$L_{156} = 0,1231841 (533.243,04 - (41.236,94)) + (1 - 0,1231841)(490.245,40 + 1.760,70) \\ = 676.814,01$$

5.2.6. Menentukan nilai kecenderungan

Nilai kecenderungan atau tren untuk periode selanjutnya ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

dimana :

b_t = estimasi trend periode t

β = konstanta pemulusan untuk estimasi trend ($0 \leq \beta \leq 1$)

L_t = nilai pemulusan eksponensial periode t

a. PT Semen Gresik

$$b_{13} = 0,01918927 (676.814,01 - 657.873,33) + (1 - 0,01918927) (-3.416,15) \\ = -2.987,14$$

$$b_{14} = 0,01918927 (655.898,87 - 676.814,01) + (1 - 0,01918927) (-2.987,14) \\ = -3.33117$$

:

:

$$b_{156} = 0,01918927 (1.142.971,66 - 1.140.579,29) + (1 - 0,01918927) (2.392,37) \\ = 2.392.37$$

b. PT Semen Padang

$$b_{13} = 0,03309899 (373.294,61 - 363.119,58) + (1 - 0,03309899) (3.326,42) \\ = 3.553,10$$

$$b_{14} = 0,03309899 (375.516,52 - 373.294,61) + (1 - 0,03309899) (3.553,10) \\ = 3.509,04$$

:

:

$$b_{156} = 0,03309899 (489.837,78 - 490.891,42) + (1 - 0,03309899) (-1.053,64) \\ = -1.053,64$$

c. PT Semen Tonasa

$$b_{13} = 0,0 (231.094,64 - 223.716,58) + (1 - 0,0) (1.760,70) \\ = 1.760,70$$

$$b_{14} = 0,0 (235.359,70 - 231.094,64) + (1 - 0,0) (1.760,70) \\ = 1.760,70$$

:

:

$$b_{156} = 0,0 (492.006,10 - 490.245,40) + (1 - 0,0) (1.760,70) \\ = 1.760,70$$

5.2.7. Menentukan nilai faktor musiman

Periode berikutnya dari nilai faktor musiman adalah sebagai berikut :

$$S_t = \gamma (y_t - L_t) + (1 - \gamma) S_{t-s}$$

S_t = estimasi musiman periode t

y_t = nilai aktual pada periode t

L_t = nilai pemulusan eksponensial periode t

γ = konstanta pemulusan untuk estimasi musiman ($0 \leq \gamma \leq 1$)

a. PT Semen Gresik

$$\begin{aligned} S_{13} &= 1(587.532 - 676.814,01) + (1-1)(-142.512,33) \\ &= -89.282,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{14} &= 1(494.695 - 655.898,87) + (1-1)(-118.518,33) \\ &= -161.203,87 \end{aligned}$$

:

:

$$\begin{aligned} S_{156} &= 1(1.214.883 - 1.142.971,66) + (1-1)(2.392,37) \\ &= 71.911,13 \end{aligned}$$

b. PT Semen Padang

$$\begin{aligned} S_{13} &= 1(374.082 - 373.294,61) + (1-1)(-22.255,58) \\ &= 787,39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{14} &= 1(351.078 - 375.516,52) + (1-1)(-19.959,58) \\ &= -24.438,52 \end{aligned}$$

:

:

$$\begin{aligned} S_{156} &= 1(518.810,66 - 489.837,78) + (1-1)(28.972,88) \\ &= 28.972,88 \end{aligned}$$

c. PT Semen Tonasa

$$\begin{aligned} S_{13} &= 0,4884139(212.979 - 231.094,64) + (1-0,4884139)(-58.099,58) \\ &= -38.570,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{14} &= 0,4884139(214.259 - 235.359,70) + (1-0,4884139)(-38.926,58) \\ &= -30.220,18 \end{aligned}$$

:

:

$$\begin{aligned} S_{156} &= 0,4884139(53.3243,04 - 492.006,10) + (1-0,4884139)41.236,94 \\ &= 41.236,94 \end{aligned}$$

5.2.8. Proses peramalan

Melakukan proses peramalan untuk periode ke depan dengan menggunakan rumus pada persamaan berikut :

$$F_{t+m} = L_t + mb_t + S_{t+m-s}$$

dimana :

L_t = nilai pemulusan eksponensial periode t

y_t = nilai aktual pada periode t

b_t = estimasi trend periode t

S_t = estimasi musiman periode t

t = panjangnya musim

m = jumlah periode ke depan yang akan diramalkan

a. PT Semen Gresik

$$\begin{aligned} F_{13} &= 657.873,33 + 1(-3.416,15) + (-142.512,33) \\ &= 511.944,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{14} &= 676.814,01 + 1(-2.987,14) + (-118.518,33) \\ &= 555.308,53 \end{aligned}$$

:

:

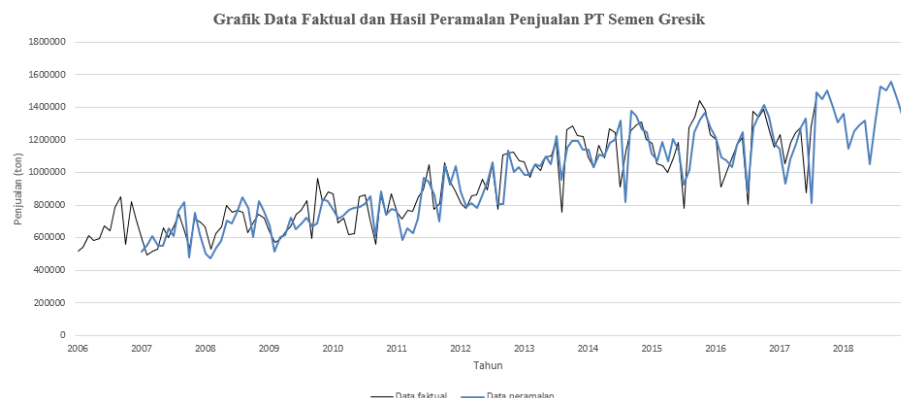
dst.

Hasil peramalan penjualan per bulan PT Semen Gresik tahun 2018 menggunakan program R disajikan dalam tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5.2 Peramalan Penjualan PT Semen Gresik Tahun 2018

Data	Bulan	Peramalan Penjualan
F145	Januari	1.170.195,4
F146	Februari	933.394,3
F147	Maret	1.048.762,8
F148	April	1.109.440,3
F149	Mei	1.193.091,1
F150	Juni	1.247.573,9

F151	Juli	857.466,2
F152	Agustus	1.399.666,7
F153	September	1.360.456,2
F154	Oktober	1.413.422,0
F155	November	1.308.942,4
F156	Desember	1.212.536,9



Gambar 5.4 Grafik perbandingan data faktual dan data hasil peramalan
PT Semen Gresik

Gambar 5.4 merupakan grafik perbandingan antara data faktual dengan data hasil peramalan PT Semen Gresik menggunakan metode Holt Winter's Exponential Smoothing. Sumbu x merupakan tahun sejak 2006 sampai dengan 2018, serta sumbu y merupakan penjualan semen dalam satuan ton. Grafik dengan warna hitam menunjukkan data faktual penjualan, sedangkan grafik berwarna biru menunjukkan data hasil peramalan penjualan semen menggunakan metode Holt Winter's Exponential Smoothing. Grafik menunjukkan nilai hasil peramalan penjualan semen PT Semen Gresik tahun 2018 berkisar antara 850.000 ton hingga 1.400.000 ton. Hasil penjualan tertinggi terjadi pada bulan Oktober, sedangkan penjualan paling sedikit terjadi pada bulan Februari dan Juli 2018 dengan perkiraan jumlah penjualan sebesar 933.394 ton dan 857.466 ton.

b. PT Semen Padang

$$\begin{aligned}
 F_{13} &= 363.119,58 + 1(3.326,42) + (-22.255,58) \\
 &= 344.190,42
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{14} &= 373.294,61 + 1(3.553,10) + (-19.959,58) \\
 &= 356.888,13
 \end{aligned}$$

:

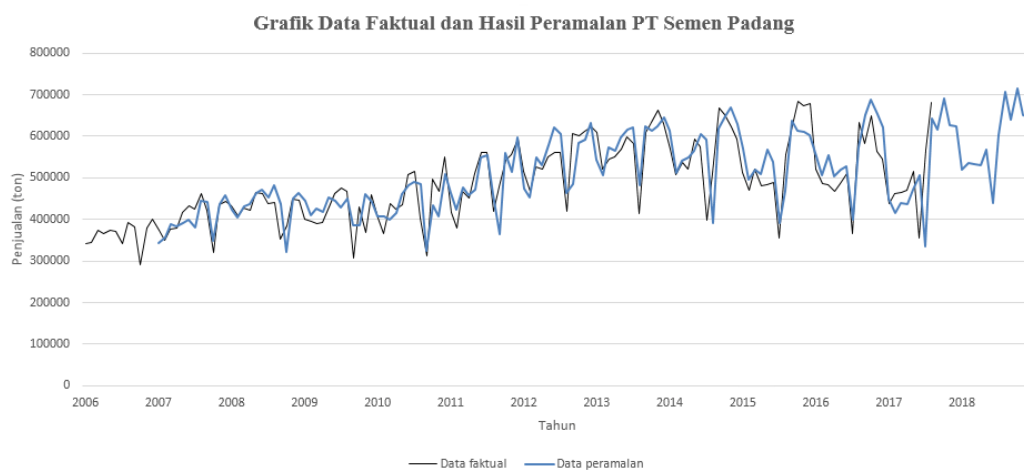
:

$$S_{154} = 490.891,42 + 1(-1.053,64) + (28.972,88) \\ = 518.810,66$$

Hasil peramalan penjualan per bulan PT Semen Padang tahun 2018 menggunakan program R disajikan dalam tabel 5.2 sebagai berikut :

Tabel 5.3 Peramalan Penjualan PT Semen Padang Tahun 2018

Data	Bulan	Peramalan Penjualan
F145	Januari	429.248,3
F146	Februari	395.540,5
F147	Maret	407.155,7
F148	April	396.985,0
F149	Mei	419.811,7
F150	Juni	443.315,9
F151	Juli	305.739,8
F152	Agustus	556.712,0
F153	September	518.201,3
F154	Oktober	590.490,6
F155	November	524.670,5
F156	Desember	519.305,2



Gambar 5.5 Grafik perbandingan data faktual dan data hasil peramalan PT Semen Padang

Grafik diatas merupakan perbandingan antara data faktual dengan data hasil peramalan PT Semen Padang menggunakan metode Holt Winter's Exponential Smoothing. Sumbu x merupakan tahun sejak 2006 sampai dengan 2018, serta sumbu y merupakan penjualan semen dalam satuan ton. Grafik dengan warna hitam menunjukan data faktual penjualan, sedangkan grafik berwarna biru menunjukan data hasil peramalan penjualan semen menggunakan metode Holt Winter's Exponential Smoothing. Grafik menunjukan nilai hasil peramalan penjualan semen PT Semen Padang tahun 2018 berkisar antara 300.000 ton hingga 590.000 ton. Hasil penjualan tertinggi terjadi pada bulan Oktober, sedangkan penjualan paling sedikit terjadi pada bulan Februari dan Juli 2018 dengan perkiraan jumlah penjualan sebesar 395.540 ton dan 305.739 ton.

c. PT Semen Tonasa

$$\begin{aligned} F_{13} &= 231.094,64 + 1(1.760,70) + (-58.099,58) \\ &= 167.377,70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{14} &= 235.359,70 + 1(1.760,70) + (-38.926,58) \\ &= 193.928,76 \end{aligned}$$

:

:

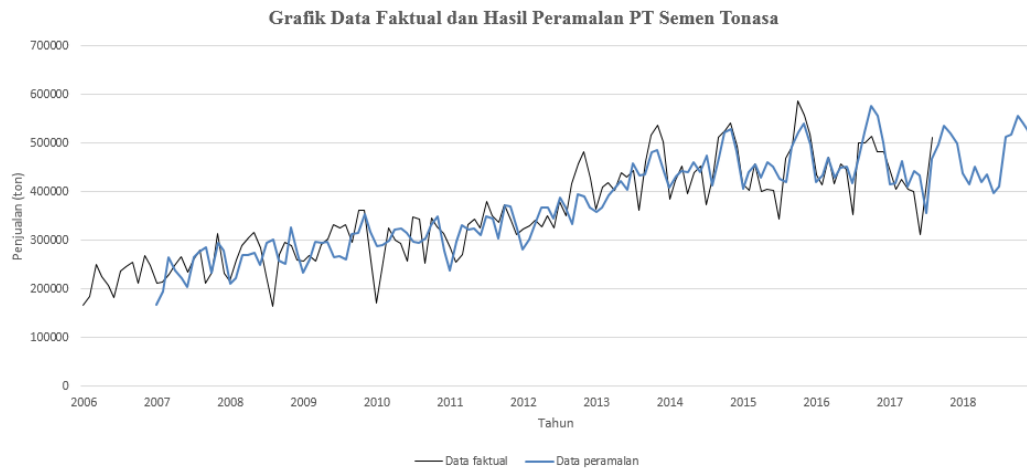
dst.

Hasil peramalan penjualan per bulan PT Semen Tonasa tahun 2018 menggunakan program R disajikan dalam tabel 5.3 sebagai berikut :

Tabel 5.4 Peramalan Penjualan PT Semen Tonasa Tahun 2018

Data	Bulan	Peramalan Penjualan
F145	Januari	442.124,1
F146	Februari	439.326,7
F147	Maret	486.348,6
F148	April	440.173,8
F149	Mei	471.986,9
F150	Juni	467.740,7
F151	Juli	409.665,8
F152	Agustus	510.551,1
F153	September	535.231,6
F154	Oktober	574.339,4

F155	November	558.946,3
F156	Desember	536.560,2



Gambar 5.6 Grafik perbandingan data faktual dan data hasil peramalan
PT Semen Tonasa

Gambar 5.6 merupakan perbandingan antara data faktual dengan data hasil peramalan PT Semen Tonasa menggunakan metode Holt Winter's Exponential Smoothing. Sumbu x merupakan tahun sejak 2006 sampai dengan 2018, serta sumbu y merupakan penjualan semen dalam satuan ton. Grafik dengan warna hitam menunjukan data faktual penjualan, sedangkan grafik berwarna biru menunjukan data hasil peramalan penjualan semen menggunakan metode Holt Winter's Exponential Smoothing. Grafik menunjukan nilai hasil peramalan penjualan semen PT Semen Tonasa tahun 2018 berkisar antara 400.000 ton hingga 570.000 ton. Hasil penjualan tertinggi terjadi pada bulan Oktober, sedangkan penjualan paling sedikit terjadi pada bulan Februari dan Juli 2018 dengan perkiraan jumlah penjualan sebesar 439.327 ton dan 409.666 ton.

5.3. Extreme Learning Machine (ELM)

5.3.1. Pembagian data *training* dan *testing*

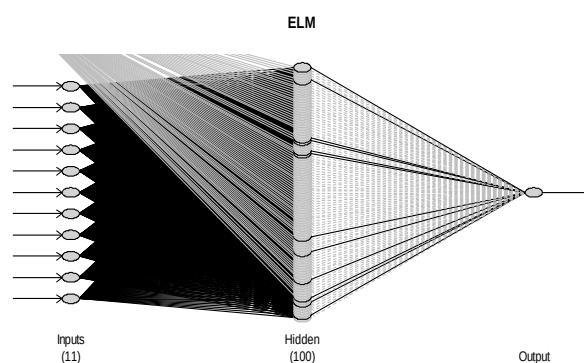
Langkah awal sebelum dilakukannya proses peramalan adalah membagi data menjadi dua bagian yaitu data *training* dan *testing*. Nilai target atau *output* (Y) pada proses *training* ini digunakan pada perhitungan bobot akhir pada proses *testing* extreme learning machine. Berbeda dengan data *training*, nilai target pada data *testing* digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi dari hasil peramalan. Berikut pembagian data *training* dan *testing* pada ketiga data penjualan semen PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.

Tabel 5.5 Pembagian data *training* dan *testing*

PT	<i>Training</i>	<i>Testing</i>
PT Semen Gresik	127 (91%)	13 (9%)
PT Semen Padang	127 (91%)	13 (9%)
PT Semen Tonasa	128 (92%)	12 (8%)

5.3.2. Arsitektur jaringan

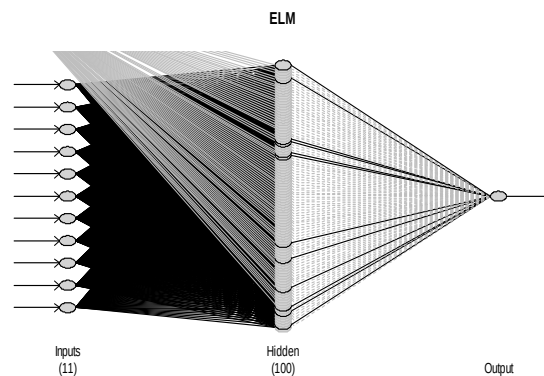
a. PT Semen Gresik



Gambar 5.7 Arsitektur jaringan PT Semen Gresik

Pada **Gambar 5.7** merupakan arsitektur data yang akan digunakan dalam proses peramalan metode *Extreme Learning Machine (ELM)* PT Semen Gresik. Banyaknya *node input* yaitu sebanyak 11 *node* dengan asumsi bahwa 11 *node input* ini mewakili bulan dalam setahun, sedangkan 1 *node* digunakan sebagai *output node* sebagai hasil dari peramalan. *Hidden layer* digunakan sebanyak 100.

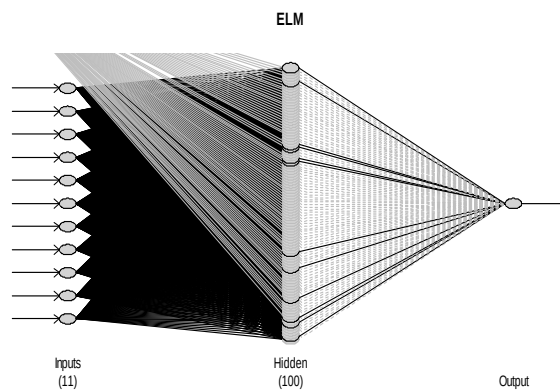
b. PT Semen Padang



Gambar 5.8 Arsitektur jaringan PT Semen Padang

Pada **Gambar 5.8** merupakan arsitektur data yang akan digunakan dalam proses peramalan metode *Extreme Learning Machine (ELM)* PT Semen Padang. Banyaknya *node input* yaitu sebanyak 11 *node* dengan asumsi bahwa 11 *node input* ini mewakili bulan dalam setahun, sedangkan 1 *node* digunakan sebagai *output node* sebagai hasil peramalan. *Hidden layer* yang digunakan sebanyak 100.

c. PT Semen Tonasa



Gambar 5.9 Arsitektur jaringan PT Semen Tonasa

Gambar 5.9 merupakan arsitektur data yang akan digunakan dalam proses peramalan metode *Extreme Learning Machine (ELM)* PT Semen Tonasa. Banyaknya *node input* yaitu sebanyak 11 *node* dengan asumsi bahwa 11 *node input* ini mewakili bulan dalam setahun, sedangkan 1 *node* digunakan sebagai *output node* sebagai hasil dari peramalan. *Hidden layer* yang digunakan sebanyak 100.

5.3.3. Proses *training* peramalan *extreme machine learning* (ELM)

a. PT Semen Gresik

Tabel 5.6 Hasil *training* data peramalan PT Semen Gresik

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
1	-0.247453865471	-0.286422024661	-0.286983453001	0.309232999641	-0.553861638187	-0.004010988741
2	-0.061871132931	-0.247453865471	-0.286422024661	-0.286983453001	0.309232999641	-0.553861638187
3	-0.089011553904	-0.061871132931	-0.247453865471	-0.286422024661	-0.286983453001	0.309232999641
4	0.105962915456	-0.089011553904	-0.061871132931	-0.247453865471	-0.286422024661	-0.286983453001
5	-0.195447044196	0.105962915456	-0.089011553904	-0.061871132931	-0.247453865471	-0.286422024661
6	0.008785488571	-0.195447044196	0.105962915456	-0.089011553904	-0.061871132931	-0.247453865471
7	0.011018620903	0.008785488571	-0.195447044196	0.105962915456	-0.089011553904	-0.061871132931
8	-0.238310603938	0.011018620903	0.008785488571	-0.195447044196	0.105962915456	-0.089011553904
9	-0.292251758149	-0.238310603938	0.011018620903	0.008785488571	-0.195447044196	0.105962915456
10	0.185394803446	-0.292251758149	-0.238310603938	0.011018620903	0.008785488571	-0.195447044196
11	-0.128611909711	0.185394803446	-0.292251758149	-0.238310603938	0.011018620903	0.008785488571
12	-0.149337579430	-0.128611909711	0.185394803446	-0.292251758149	-0.238310603938	0.011018620903
13	-0.322279524870	-0.149337579430	-0.128611909711	0.185394803446	-0.292251758149	-0.238310603938
14	0.051861353148	-0.322279524870	-0.149337579430	-0.128611909711	0.185394803446	-0.292251758149
15	-0.038572643146	0.051861353148	-0.322279524870	-0.149337579430	-0.128611909711	0.185394803446
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:
123	-0.014681272453	0.111503285319	-0.388120758203	0.017774632521	-0.261300858557	-0.301681238052
124	-0.050994834899	-0.014681272453	0.111503285319	-0.388120758203	0.017774632521	-0.261300858557
125	-0.730387603757	-0.050994834899	-0.014681272453	0.111503285319	-0.388120758203	0.017774632521
126	0.536760876937	-0.730387603757	-0.050994834899	-0.014681272453	0.111503285319	-0.388120758203
127	0.207535838727	0.536760876937	-0.730387603757	-0.050994834899	-0.014681272453	0.111503285319
	X6	X7	X8	X9	X10	X11
1	0.123909750788	-0.145813319180	0.021462446125	-0.087225048039	-0.148706955441	0.018169362250
2	-0.004010988741	0.123909750788	-0.145813319180	0.021462446125	-0.087225048039	-0.148706955441
3	-0.553861638187	-0.004010988741	0.123909750788	-0.145813319180	0.021462446125	-0.087225048039
4	0.309232999641	-0.553861638187	-0.004010988741	0.123909750788	-0.145813319180	0.021462446125
5	-0.286983453001	0.309232999641	-0.553861638187	-0.004010988741	0.123909750788	-0.145813319180
6	-0.286422024661	-0.286983453001	0.309232999641	-0.553861638187	-0.004010988741	0.123909750788
7	-0.247453865471	-0.286422024661	-0.286983453001	0.309232999641	-0.553861638187	-0.004010988741
8	-0.061871132931	-0.247453865471	-0.286422024661	-0.286983453001	0.309232999641	-0.553861638187
9	-0.089011553904	-0.061871132931	-0.247453865471	-0.286422024661	-0.286983453001	0.309232999641
10	0.105962915456	-0.089011553904	-0.061871132931	-0.247453865471	-0.286422024661	-0.286983453001
11	-0.195447044196	0.105962915456	-0.089011553904	-0.061871132931	-0.247453865471	-0.286422024661
12	0.008785488571	-0.195447044196	0.105962915456	-0.089011553904	-0.061871132931	-0.247453865471
13	0.011018620903	0.008785488571	-0.195447044196	0.105962915456	-0.089011553904	-0.061871132931
14	-0.238310603938	0.011018620903	0.008785488571	-0.195447044196	0.105962915456	-0.089011553904
15	-0.292251758149	-0.238310603938	0.011018620903	0.008785488571	-0.195447044196	0.105962915456
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:

123	-0.027631867349	-0.162769398617	0.800000000000	-0.747628328935	-0.029223367292	0.031374722947
124	-0.301681238052	-0.027631867349	-0.162769398617	0.800000000000	-0.747628328935	-0.029223367292
125	-0.261300858557	-0.301681238052	-0.027631867349	-0.162769398617	0.800000000000	-0.747628328935
126	0.017774632521	-0.261300858557	-0.301681238052	-0.027631867349	-0.162769398617	0.800000000000
127	-0.388120758203	0.017774632521	-0.261300858557	-0.301681238052	-0.027631867349	-0.162769398617

b. PT Semen Padang

Tabel 5.7 Hasil *training* data peramalan PT Semen Padang

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
1	-0.2442337348206	-0.2529378706339	-0.0915948440584	0.1624328419273	-0.49370793488	-0.20266249444
2	-0.0720033449778	-0.2442337348206	-0.2529378706339	-0.0915948440584	0.16243284193	-0.49370793488
3	-0.1474523767776	-0.0720033449778	-0.2442337348206	-0.2529378706339	-0.09159484406	0.16243284193
4	-0.0289142759517	-0.1474523767776	-0.0720033449778	-0.2442337348206	-0.25293787063	-0.09159484406
5	-0.1081650728567	-0.0289142759517	-0.1474523767776	-0.0720033449778	-0.24423373482	-0.25293787063
6	-0.1850492080405	-0.1081650728567	-0.0289142759517	-0.1474523767776	-0.07200334498	-0.24423373482
7	-0.0302594605774	-0.1850492080405	-0.1081650728567	-0.0289142759517	-0.14745237678	-0.07200334498
8	-0.3020263192206	-0.0302594605774	-0.1850492080405	-0.1081650728567	-0.02891427595	-0.14745237678
9	-0.5301933702899	-0.3020263192206	-0.0302594605774	-0.1850492080405	-0.10816507286	-0.02891427595
10	0.2506431439195	-0.5301933702899	-0.3020263192206	-0.0302594605774	-0.18504920804	-0.10816507286
11	-0.1277637654379	0.2506431439195	-0.5301933702899	-0.3020263192206	-0.03025946058	-0.18504920804
12	-0.2049536244004	-0.1277637654379	0.2506431439195	-0.5301933702899	-0.30202631922	-0.03025946058
13	-0.2454386461832	-0.2049536244004	-0.1277637654379	0.2506431439195	-0.53019337029	-0.30202631922
14	-0.0976733521264	-0.2454386461832	-0.2049536244004	-0.1277637654379	0.25064314392	-0.53019337029
15	-0.1727591121422	-0.0976733521264	-0.2454386461832	-0.2049536244004	-0.12776376544	0.25064314392
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:
123	-0.1420536545231	-0.1529230340387	-0.0700826802984	-0.5467276315849	-0.23623456207	-0.46193424241
124	0.0003201107799	-0.1420536545231	-0.1529230340387	-0.0700826802984	-0.54672763158	-0.23623456207
125	-0.7392868543271	0.0003201107799	-0.1420536545231	-0.1529230340387	-0.07008268030	-0.54672763158
126	0.6025887610544	-0.7392868543271	0.0003201107799	-0.1420536545231	-0.15292303404	-0.07008268030
127	0.2515135575008	0.6025887610544	-0.7392868543271	0.0003201107799	-0.14205365452	-0.15292303404
	X6	X7	X8	X9	X10	X12
1	0.02657279148	-0.27272359423	-0.16199403839	-0.14071566340	-0.18807767182	-0.15323595132
2	-0.20266249444	0.02657279148	-0.27272359423	-0.16199403839	-0.14071566340	-0.04980779865
3	-0.49370793488	-0.20266249444	0.02657279148	-0.27272359423	-0.16199403839	-0.18807767182
4	0.16243284193	-0.49370793488	-0.20266249444	0.02657279148	-0.27272359423	-0.14071566340
5	-0.09159484406	0.16243284193	-0.49370793488	-0.20266249444	0.02657279148	-0.16199403839
6	-0.25293787063	-0.09159484406	0.16243284193	-0.49370793488	-0.20266249444	-0.27272359423
7	-0.24423373482	-0.25293787063	-0.09159484406	0.16243284193	-0.49370793488	0.02657279148
8	-0.07200334498	-0.24423373482	-0.25293787063	-0.09159484406	0.16243284193	-0.20266249444
9	-0.14745237678	-0.07200334498	-0.24423373482	-0.25293787063	-0.09159484406	-0.49370793488
10	-0.02891427595	-0.14745237678	-0.07200334498	-0.24423373482	-0.25293787063	0.16243284193
11	-0.10816507286	-0.02891427595	-0.14745237678	-0.07200334498	-0.24423373482	-0.09159484406
12	-0.18504920804	-0.10816507286	-0.02891427595	-0.14745237678	-0.07200334498	-0.25293787063

13	-0.03025946058	-0.18504920804	-0.10816507286	-0.02891427595	-0.14745237678	-0.24423373482
14	-0.30202631922	-0.03025946058	-0.18504920804	-0.10816507286	-0.02891427595	-0.07200334498
15	-0.53019337029	-0.30202631922	-0.03025946058	-0.18504920804	-0.10816507286	-0.14745237678
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:
123	0.07509655027	-0.34539953152	0.80000000000	-0.67435112376	-0.08258138772	-0.21634812947
124	-0.46193424241	0.07509655027	-0.34539953152	0.80000000000	-0.67435112376	-0.09558723693
125	-0.23623456207	-0.46193424241	0.07509655027	-0.34539953152	0.80000000000	-0.08258138772
126	-0.54672763158	-0.23623456207	-0.46193424241	0.07509655027	-0.34539953152	-0.67435112376
127	-0.07008268030	-0.54672763158	-0.23623456207	-0.46193424241	0.07509655027	0.80000000000

c. PT Semen Tonasa

Tabel 5.8 Hasil *training* data peramalan PT Semen Padang

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
1	-0.305815079269	-0.216815926419	0.259246036548	-0.352323611279	-0.043567711485	-0.028294808181
2	-0.083250635362	-0.305815079269	-0.216815926419	0.259246036548	-0.352323611279	-0.043567711485
3	0.005318891444	-0.083250635362	-0.305815079269	-0.216815926419	0.259246036548	-0.352323611279
4	0.013082415588	0.005318891444	-0.083250635362	-0.305815079269	-0.216815926419	0.259246036548
5	0.026539997580	0.013082415588	0.005318891444	-0.083250635362	-0.305815079269	-0.216815926419
6	-0.289259348905	0.026539997580	0.013082415588	0.005318891444	-0.083250635362	-0.305815079269
7	0.059954011860	-0.289259348905	0.026539997580	0.013082415588	0.005318891444	-0.083250635362
8	0.034000968171	0.059954011860	-0.289259348905	0.026539997580	0.013082415588	0.005318891444
9	-0.500514341038	0.034000968171	0.059954011860	-0.289259348905	0.026539997580	0.013082415588
10	0.048935011497	-0.500514341038	0.034000968171	0.059954011860	-0.289259348905	0.026539997580
11	0.388738956795	0.048935011497	-0.500514341038	0.034000968171	0.059954011860	-0.289259348905
12	-0.586487958369	0.388738956795	0.048935011497	-0.500514341038	0.034000968171	0.059954011860
13	-0.182433740772	-0.586487958369	0.388738956795	0.048935011497	-0.500514341038	0.034000968171
14	0.163899310178	-0.182433740772	-0.586487958369	0.388738956795	0.048935011497	-0.500514341038
15	0.087087014402	0.163899310178	-0.182433740772	-0.586487958369	0.388738956795	0.048935011497
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:
124	-0.222467626770	0.034115938521	-0.349134696841	-0.290620839889	-0.099745855016	-0.272618903546
125	-0.115460486506	-0.222467626770	0.034115938521	-0.349134696841	-0.290620839889	-0.099745855016
126	-0.625650490137	-0.115460486506	-0.222467626770	0.034115938521	-0.349134696841	-0.290620839889
127	0.452553551979	-0.625650490137	-0.115460486506	-0.222467626770	0.034115938521	-0.349134696841
128	0.567312114244	0.452553551979	-0.625650490137	-0.115460486506	-0.222467626770	0.034115938521
	X6	X7	X8	X9	X10	X11
1	0.235483480576	-0.247682439792	-0.199473556820	-0.236899431199	0.305760619630	0.025021178749
2	-0.028294808181	0.235483480576	-0.247682439792	-0.199473556820	-0.236899431199	0.305760619630
3	-0.043567711485	-0.028294808181	0.235483480576	-0.247682439792	-0.199473556820	-0.236899431199
4	-0.352323611279	-0.043567711485	-0.028294808181	0.235483480576	-0.247682439792	-0.199473556820
5	0.259246036548	-0.352323611279	-0.043567711485	-0.028294808181	0.235483480576	-0.247682439792
6	-0.216815926419	0.259246036548	-0.352323611279	-0.043567711485	-0.028294808181	0.235483480576
7	-0.305815079269	-0.216815926419	0.259246036548	-0.352323611279	-0.043567711485	-0.028294808181
8	-0.083250635362	-0.305815079269	-0.216815926419	0.259246036548	-0.352323611279	-0.043567711485

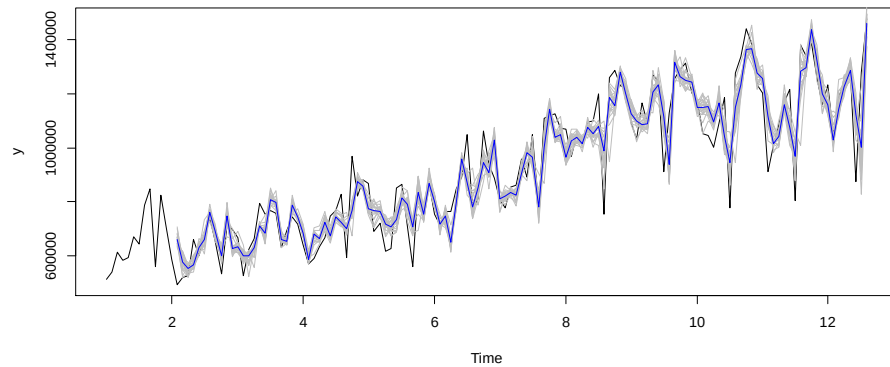
9	0.005318891444	-0.083250635362	-0.305815079269	-0.216815926419	0.259246036548	-0.352323611279
10	0.013082415588	0.005318891444	-0.083250635362	-0.305815079269	-0.216815926419	0.259246036548
11	0.026539997580	0.013082415588	0.005318891444	-0.083250635362	-0.305815079269	-0.216815926419
12	-0.289259348905	0.026539997580	0.013082415588	0.005318891444	-0.083250635362	-0.305815079269
13	0.059954011860	-0.289259348905	0.026539997580	0.013082415588	0.005318891444	-0.083250635362
14	0.034000968171	0.059954011860	-0.289259348905	0.026539997580	0.013082415588	0.005318891444
15	-0.500514341038	0.034000968171	0.059954011860	-0.289259348905	0.026539997580	0.013082415588
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:
124	-0.016876437129	-0.089809996369	0.8000000000	-0.653533825	-0.154362822	0.158410989
125	-0.272618903546	-0.016876437129	-0.089809996	0.8000000000	-0.653533825	-0.154362822
126	-0.099745855016	-0.272618903546	-0.016876437	-0.089809996	0.8000000000	-0.653533825
127	-0.290620839889	-0.099745855016	-0.272618904	-0.016876437	-0.089809996	0.8000000000
128	-0.349134696841	-0.290620839889	-0.099745855	-0.272618904	-0.016876437	-0.089809996

5.3.4. Hasil peramalan penjualan

Hasil peramalan penjualan per bulan PT Semen Gresik, PT Semen Padang, dan PT Semen Tonasa tahun 2018 menggunakan program R disajikan dalam tabel 5.9 sebagai berikut :

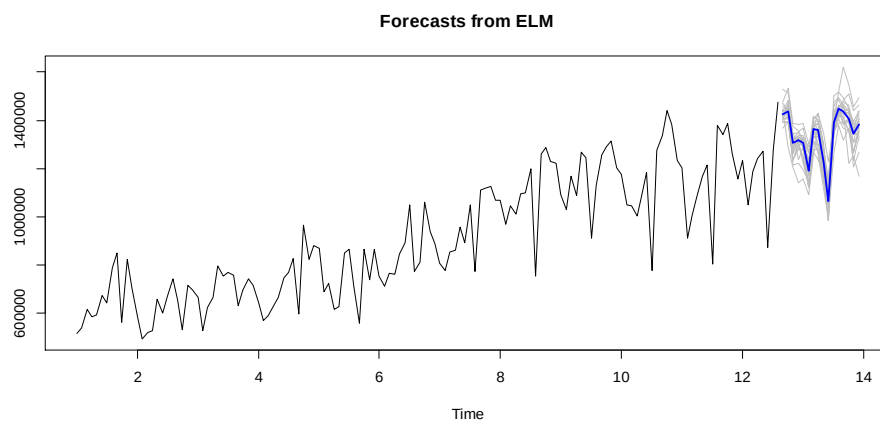
Tabel 5.9 Peramalan Penjualan PT Semen Gresik, PT Semen Padang, dan PT Semen Tonasa Tahun 2018

Data	Bulan	Peramalan Penjualan		
		PT Semen Gresik	PT Semen Padang	PT Semen Tonasa
F145	Januari	1.305.177,03	498.630,67	484.022,61
F146	Februari	1.189.834,61	550.730,61	476.606,64
F147	Maret	1.365.890,47	514.386,49	468.411,72
F148	April	1.358.927,40	542.711,28	458.946,68
F149	Mei	1.227.882,55	520.345,19	440.568,61
F150	Juni	1.063.180,55	443.178,98	419.863,80
F151	Juli	1.389.979,99	610.803,96	447.643,61
F152	Agustus	1.446.462,83	641.280,54	479.758,46
F153	September	1.435.871,85	637.900,84	493.622,44
F154	Oktober	1.407.702,93	640.192,18	497.081,85
F155	November	1.344.746,00	601.185,72	500.887,69
F156	Desember	1.383.996,80	558.958,54	504.958,12



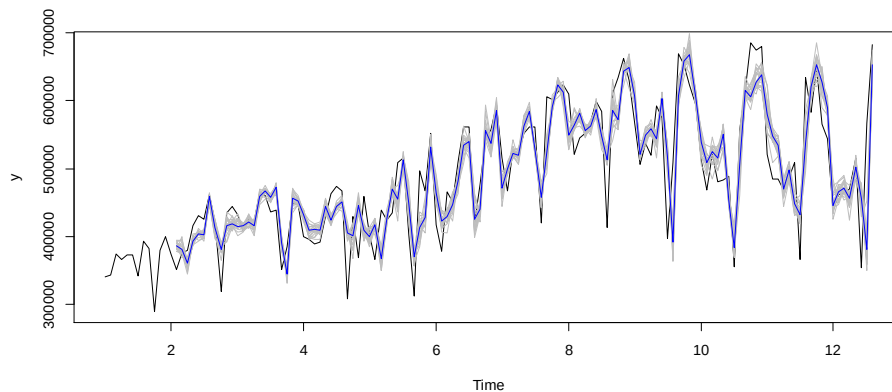
Gambar 5.10 Perbandingan data faktual dan data hasil peramalan PT Semen Gresik

Gambar 5.10 merupakan perbandingan antara data faktual dengan data hasil peramalan PT Semen Gresik menggunakan metode Extreme Learning Machine (ELM). Sumbu x merupakan tahun sejak 2006 sampai dengan 2017, serta sumbu y merupakan penjualan semen dalam satuan ton. Grafik dengan warna hitam menunjukan data faktual penjualan, sedangkan grafik berwarna biru menunjukan data hasil peramalan penjualan semen menggunakan metode Extreme Learning Machine (ELM). Melalui grafik ini, maka dapat dilihat seberapa besar perbedaan antara data faktual dengan data hasil peramalan penjualan semen.



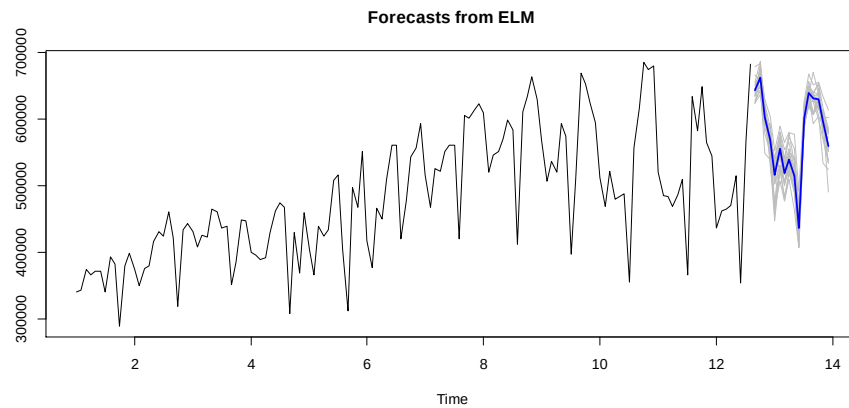
Gambar 5.11 Grafik hasil peramalan PT Semen Gresik

Grafik 5.11 menunjukkan nilai hasil peramalan penjualan semen PT Semen Gresik tahun 2018. Sumbu x merupakan tahun sejak 2006 sampai dengan 2018, serta sumbu y merupakan penjualan semen dalam satuan ton. Grafik dengan warna hitam menunjukkan data faktual penjualan, sedangkan grafik berwarna biru menunjukkan data hasil peramalan penjualan semen. Hasil peramalan penjualan semen berkisar antara 1.000.000 ton hingga 1.400.000 ton. Hasil penjualan tertinggi terjadi pada bulan Agustus sebesar 1.446.463 ton, sedangkan penjualan paling sedikit terjadi pada bulan Juni 2018 dengan perkiraan jumlah penjualan sebesar 1.063.181 ton.



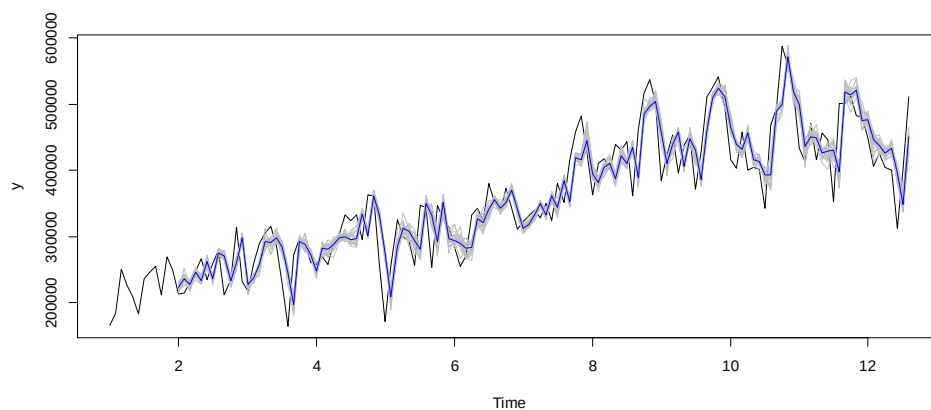
Gambar 5.12 Perbandingan data faktual dan data hasil peramalan
PT Semen Padang

Gambar 5.12 merupakan perbandingan antara data faktual dengan data hasil peramalan PT Semen Padang menggunakan metode Extreme Learning Machine (ELM). Sumbu x merupakan tahun sejak 2006 sampai dengan 2017, serta sumbu y merupakan penjualan semen dalam satuan ton. Grafik dengan warna hitam menunjukkan data faktual penjualan, sedangkan grafik berwarna biru menunjukkan data hasil peramalan penjualan semen menggunakan metode Extreme Learning Machine (ELM). Melalui grafik ini, maka dapat dilihat seberapa besar perbedaan antara data faktual dengan data hasil peramalan penjualan semen.



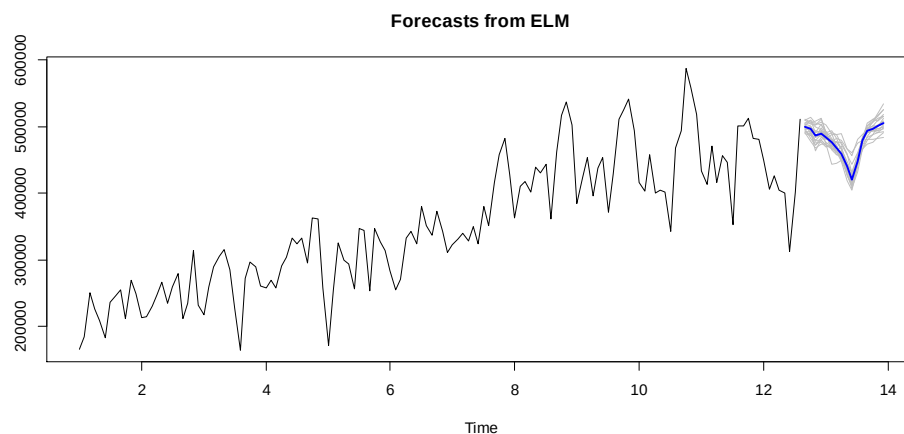
Gambar 5.13 Grafik hasil peramalan PT Semen Padang

Grafik 5.13 menunjukkan nilai hasil peramalan penjualan semen PT Semen Padang tahun 2018. Sumbu x merupakan tahun sejak 2006 sampai dengan 2018, serta sumbu y merupakan penjualan semen dalam satuan ton. Grafik dengan warna hitam menunjukkan data faktual penjualan, sedangkan grafik berwarna biru menunjukkan data hasil peramalan penjualan semen. Hasil peramalan penjualan semen berkisar antara 400.000 ton hingga 600.000 ton. Hasil penjualan tertinggi terjadi pada bulan Agustus sebesar 641.281 ton, sedangkan penjualan paling sedikit terjadi pada bulan Juni 2018 dengan perkiraan jumlah penjualan sebesar 443.179 ton.



Gambar 5.14 Perbandingan data faktual dan data hasil peramalan PT Semen Tonasa

Gambar 5.14 merupakan perbandingan antara data faktual dengan data hasil peramalan PT Semen Padang menggunakan metode Extreme Learning Machine (ELM). Sumbu x merupakan tahun sejak 2006 sampai dengan 2017, serta sumbu y merupakan penjualan semen dalam satuan ton. Grafik dengan warna hitam menunjukkan data faktual penjualan, sedangkan grafik berwarna biru menunjukkan data hasil peramalan penjualan semen menggunakan metode Extreme Learning Machine (ELM). Melalui grafik ini, maka dapat dilihat seberapa besar perbedaan antara data faktual dengan data hasil peramalan penjualan semen.



Gambar 5.15 Grafik hasil peramalan PT Semen Tonasa

Grafik 5.15 menunjukkan nilai hasil peramalan penjualan semen PT Semen Tonasa tahun 2018. Sumbu x merupakan tahun sejak 2006 sampai dengan 2018, serta sumbu y merupakan penjualan semen dalam satuan ton. Grafik dengan warna hitam menunjukkan data faktual penjualan, sedangkan grafik berwarna biru menunjukkan data hasil peramalan penjualan semen. Hasil peramalan penjualan semen berkisar antara 400.000 ton hingga 500.000 ton. Hasil penjualan tertinggi terjadi pada bulan Desember sebesar 504.958 ton, sedangkan penjualan paling sedikit terjadi pada bulan Juni 2018 dengan perkiraan jumlah penjualan sebesar 419.864 ton.

5.4. Akurasi Hasil Peramalan

Langkah terakhir adalah melihat nilai keakuratan peramalan dengan menggunakan metode Mean Square Error (MSE) dan Mean Absobute Percentage Error (MAPE). Perbandingan metode yang tepat dapat meminimumkan *error* dan menghasilkan nilai MSE/MAPE yang minimum.

Tabel 5.10 Perbandingan Akurasi Hasil Peramalan Penjualan PT Semen Gresik, PT Semen Padang, dan PT Semen Tonasa Tahun 2018

PERUSAHAAN	ERROR	METODE PERAMALAN	
		Holt Winter's Exp Smoothing	Extreme Machine Learning (ELM)
PT Semen Gresik	MSE	13.520.446.918,69	7.648.261.070,90
	MAPE	9,49 %	5,41 %
PT Semen Padang	MSE	2.719.005.812,19	2.083.730.849,43
	MAPE	8,04 %	5,95 %
PT Semen Tonasa	MSE	1.819.858.535,38	1.607.261.525,89
	MAPE	10,44 %	9,19 %

Tabel 5.10 merupakan tabel perbandingan hasil peramalan menggunakan metode Holt Winter's Exponential Smoothing dan Extreme Machine Learning (ELM). Secara umum, menunjukkan bahwa hasil peramalan menggunakan metode Holt Winter's Exponential Smoothing maupun Extreme Learning Machine (ELM) layak digunakan karena memiliki tingkat kesalahan kurang dari atau sama dengan 10%. Tabel menunjukkan bahwa metode Extreme Machine Learning (ELM) lebih baik digunakan karena memiliki nilai *error* yang lebih kecil dibandingkan dengan metode Holt Winter's Exponential Smoothing. Dengan tingkat kesalahan peramalan untuk PT Semen Gresik yaitu 5,41%, PT Semen Padang 5,95, dan PT Semen Tonasa 9,19%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan berikut untuk menjawab rumusan masalah yang ada :

1. Gambaran data penjualan PT Semen Indonesia (persero) Tbk baik PT Semen Gresik, PT Semen Padang, maupun PT Semen Tonasa memiliki trend yang cenderung naik sejak tahun 2006 sampai tahun 2017. Fluktuasi terjadi setiap tahunnya, dan memiliki pola musiman sejak tahun 2012 sampai tahun 2017.
2. Prediksi penjualan semen untuk PT Semen Indonesia (persero) Tbk tahun 2018 adalah sebagai berikut :

Tabel 6.1 Prediksi penjualan semen tahun 2018

Bulan	Peramalan Penjualan		
	PT Semen Gresik	PT Semen Padang	PT Semen Tonasa
Januari	1.305.177	498.631	484.023
Februari	1.189.835	550.731	476.607
Maret	1.365.890	514.386	468.412
April	1.358.927	542.711	458.947
Mei	1.227.881	520.345	440.569
Juni	1.063.181	443.179	419.864
Juli	1.389.980	610.804	447.644
Agustus	1.446.463	641.281	479.758
September	1.435.872	637.901	493.622
Oktober	1.407.703	640.192	497.082
November	1.344.746	601.186	500.888
Desember	1.383.997	558.959	504.958

3. Perbandingan hasil peramalan menggunakan metode Holt Winter's Exp Smoothing dan Extreme Learning Machine (ELM) menunjukkan bahwa metode Extreme Learning Machine (ELM) lebih tepat digunakan karena memiliki nilai *error* yang lebih kecil. Tingkat kesalahan peramalan untuk PT Semen Gresik yaitu 5,41%, PT Semen Padang 5,95, dan PT Semen Tonasa 9,19%.

6.2. Saran

Metode Extreme Machine Learning (ELM) disarankan untuk digunakan dalam peramalan penjualan PT Semen Indonesia (persero) tbk tahun selanjutnya karena memiliki tingkat kesalahan yang relatif kecil, sehingga dapat *me-manage* produksi semen yang akan di produksi di PT Semen Gresik, PT Semen Padang, dan PT Semen Tonasa. Dengan mengetahui peramalan penjualan untuk periode selanjutnya, maka hal ini dapat menjadi acuan perusahaan dalam mengendalikan produksi, kapasitas, serta sistem penjadwalan. Peramalan penjualan juga menjadi *input* bagi perencanaan keuangan, pemasaran, dan sumber daya manusia sehingga dapat meningkatkan efektifitas perusahaan dari segi keuangan, serta sumber daya manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, Wiwik, dan Ahmad Mukhlason. 2010 . *Penerapan Metode Extreme Learning Machine Elm Untuk Peramalan Permintaan*. Undergraduate Thesis, Information system, RSSI 519.535 Agu p, 2010.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M., & Reinsel, G.C. (1994). *Time Series Analysis: Forecasting and Control Third Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Badan Pusat Statistik. 2015. Infrastruktur di Indonesia Tahun 2015. URL : <https://www.bps.go.id/publikasi>. Diakses pada November 2017.
- Cryer, J.D. dan Chan, K.S. 2008. *Time Series Analysis with Applications in R*. Springer, New York.
- Fuchs, Regina dan Richard Sellner. *Forecasting Stock Market Time Series*. URL : homepage.univie.ac.at/robert.kunst/pres07_prog_fuchsell. Diakses pada November 2017.
- Giusti, Ayustina. Agus Widodo, dkk. 2016. *Prediksi Penjualan Mi Menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM) di Kober Mie Setan Cabang Soekarno Hatta*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol. 2, No. 8, Agustus 2016, hlm. 2972-2978.
- Heizer, Jay dan Barry Render. 2009. *Manajemen Operasi*. Buku 1 Edisi 9. Jakarta: Salemba Empat.
- Holt, Charles C. (1957). *Forecasting Trends and Seasonal by Exponentially Weighted Averages*. Office of Naval Research Memorandum. 52. reprinted in Holt, Charles C. (January–March 2004). "Forecasting Trends and Seasonal by Exponentially Weighted Averages". *International Journal of Forecasting*. 20 (1): 5–10.
- Huang G.-B., Zhu Q.-Y., Siew C.-K. 2006. *Extreme learning machine: Theory and applications*. *Neurocomputing*. Vol. 70. Iss. 1–3 p. 489–501. DOI: 10.1016/j.neucom. 2005.12.126.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. 2015. *Infrastruktur Indonesia*. URL : <https://www.pu.go.id>. Diakses pada November 2017.
- Kalekar, Prajakta S. 2004. *Time series Forecasting using Holt-Winters Exponential Smoothing*. Kanwal Rekhi School of Information Technology.
- Lembaga Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. 2017. *Bagaimana Progres Pembangunan Infrastruktur di Indonesia*. URL : <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2017/06/09/bagaimana-progres-pembangunan-infrastruktur>. Diakses pada November 2017.
- Luis, Serven. 2010. *Infrastructure and Growth*. URL : <http://go.worldbank.org/TQMEWOD650> Diakses pada November 2017.

- Mahadarma. 2017. *Indonesia Dengan Data, Infrastruktur 2017*. <https://mahadarmaworld.wordpress.com/2017/05/02/kenali-indonesia-dengan-data-infrastruktur-sektor-prioritas-pembangunan-era-jokowi/> Diakses pada November 2017.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V.E. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 1* (Ir. Untung Sus Ardiyanto, M.Sc. & Ir. Abdul Basith, M.Sc. Terjemahan). Edisi Kedua. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., Kulahci, M. (2008). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. John Wiley & Sons: Hoboken, New Jersey.
- Muqtadiroh , Feby, Avia Syofiani, dkk. 2015. *Analisis Peramalan Penjualan Semen Non-Curah (Zak) PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pada Area Jawa Timur*. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2015 (SENTIKA 2015) ISSN: 2089-9815. Yogyakarta, 28 Maret 2015.
- Munandar, M. 2001. *Budgeting, Perencanaan Kerja Pengkoodinasian Kerja*. Yogyakarta : BPFE.
- Santoso, Singgih. 2009. *Business Forecasting Metode Peramalan Bisnis Masa Kini*. Elex Media Komputindo: Jakarta.
- Schwab, Klaus. 2017. *Global Competitiveness Report 2016-2017*. World Economic Forum 2017.
- Soejoeti, Z. (2006). *Pengantar Statistika Matematis 2*, Edisi 1. Penerbit Universitas Terbuka : Tangerang Selatan.
- Sudjana. (1986). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Supangat, A.M. 2007. *Statistika Dalam Kajian Deskriptif*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Tanuwijaya, Haryanto. 2010. *Penerapan Metode Winter's Exponential Smoothing Dan Single Moving Average Dalam Sistem Informasi Pengadaan Obat Rumah Sakit*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI Program Studi MMT-ITS, Surabaya 6 Pebruari 2010.
- Tiwari, Mukesh, Jan Adamowski, Dkk. 2016. *Water Demand Forecasting using Extreme Learning Machines*. Journal Of Water And Land Development 2016 Pl Issn 1429–7426.
- Utami, Ruli, dan Suryo Atmojo. 2017. *Perbandingan Metode Holt Exponential Smoothing dan Winter Exponential Smoothing Untuk Peramalan Penjualan Souvenir*. Jurnal Ilmiah : Teknologi Informasi Asia Vol.11, No. 2, Tahun 2017 ISSN: 2580-8397 (O); 0852-730X.
- Yaseen, Zaher, Othman Jaafar, dkk. 2016. *Stream-flow forecasting using extreme learning machines: A case study in a semi-arid region in Iraq*. Journal of Hydrology Volume 542, November 2016, Pages 603-614
- Zhang, G. P. (1998). *Forecasting with Artificial Neural Networks : The State of the Art*. Elsevier International Journal of Forecasting, 14 , 35-62.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Penelitian

Data Penjualan Semen PT Semen Indonesia (Persero) Tbk tahun 2006-2017

TAHUN	BULAN	PENJUALAN (ton)		
		GRESIK	PADANG	TONASA
2006	Januari	515361	340864	165617
	Februari	539355	343160	184790
	Maret	615422	374212	250358
	April	585376	366821	226246
	Mei	594425	372598	208319
	Juni	672586	372459	182425
	Juli	644380	341534	236379
	Agustus	787685	393822	246741
	September	849648	382376	254579
	Oktober	561973	290011	211392
	Nopember	823121	380072	269273
	Desember	705148	399506	248480
2007	Januari	587532	374082	212979
	Februari	494695	351078	214259
	Maret	519866	375959	230176
	April	527779	379863	247376
	Mei	659672	416724	266800
	Juni	599905	431551	234035
	Juli	670005	425002	258981
	Agustus	741525	461489	279638
	September	654502	422417	211961
	Oktober	533179	319908	235086
	Nopember	715581	434494	314367
	Desember	698313	443872	232482
2008	Januari	667866	431789	217371
	Februari	527449	408450	259495
	Maret	624940	426194	288925
	April	664926	423062	304839
	Mei	795411	464314	315344
	Juni	754545	460778	284788
	Juli	768571	436923	227310

	Agustus	756604	439574	164502
	September	632483	351863	271676
	Oktober	695749	385394	296715
	Nopember	744471	449124	288915
	Desember	718039	446915	260106
2009	Januari	642640	400513	258248
	Februari	572067	396241	269521
	Maret	590150	389793	257559
	April	633874	392066	290551
	Mei	668248	430055	303154
	Juni	746377	462812	333184
	Juli	769371	474174	324490
	Agustus	827468	467120	332581
	September	595718	308185	295291
	Oktober	966771	429982	362650
	Nopember	822937	368975	361842
	Desember	880851	459709	258286
2010	Januari	868345	404564	171916
	Februari	689529	365977	255496
	Maret	722568	439201	325851
	April	616902	424707	300017
	Mei	627136	434294	293617
	Juni	851748	508607	256864
	Juli	865794	515592	347617
	Agustus	711189	404541	344598
	September	559839	312518	252993
	Oktober	865400	497375	346718
	Nopember	739381	467453	327284
	Desember	867587	551231	314551
2011	Januari	753897	417321	284325
	Februari	713404	378035	254592
	Maret	765886	466175	270001
	April	763446	450447	332062
	Mei	848544	509833	342664
	Juni	892037	561149	324432
	Juli	1048997	561163	379495
	Agustus	773340	420356	351268
	September	812226	477033	336181
	Oktober	1062630	543316	373361

	Nopember	938076	556955	341990
	Desember	887641	593003	311707
2012	Januari	808013	515830	323013
	Februari	777059	467510	330870
	Maret	855129	525968	340470
	April	861277	521445	327542
	Mei	958097	551334	349370
	Juni	892037	561149	324432
	Juli	1048997	561163	379495
	Agustus	773340	420356	351268
	September	1109534	605461	415989
	Oktober	1118853	601667	458090
	Nopember	1126182	612789	482548
	Desember	1070235	622751	428183
2013	Januari	1068681	609252	362997
	Februari	969998	520582	409957
	Maret	1047565	545660	417399
	April	1009892	551619	401651
	Mei	1094023	569436	438809
	Juni	1098536	598477	430692
	Juli	1198502	583722	442988
	Agustus	754313	413026	360718
	September	1260190	610377	462168
	Oktober	1286274	633330	516937
	Nopember	1227984	662612	536792
	Desember	1223294	629397	501863
2014	Januari	1092575	568079	384693
	Februari	1032070	506378	422718
	Maret	1166689	536469	453469
	April	1088150	520063	395801
	Mei	1269194	592639	438245
	Juni	1244484	574650	453499
	Juli	911094	397127	372052
	Agustus	1128900	509206	428922
	September	1255303	668771	510961
	Oktober	1289333	652036	525105
	Nopember	1312525	623657	540852
	Desember	1202914	593756	493539
2015	Januari	1176437	511892	416206

	Februari	1050919	468768	402523
	Maret	1044631	521328	457274
	April	1002520	480017	400699
	Mei	1091691	483742	405088
	Juni	1185240	488054	401971
	Juli	779316	355934	342500
	Agustus	1275160	556759	468199
	September	1337333	615584	493564
	Oktober	1440487	684988	587242
	Nopember	1382026	673637	557820
	Desember	1231946	679630	517665
2016	Januari	1201210	520350	433962
	Februari	912281	485165	413065
	Maret	1008798	484014	470607
	April	1085748	468763	415373
	Mei	1170212	487087	456590
	Juni	1216143	509027	446118
	Juli	805256	366438	353153
	Agustus	1378472	633761	500399
	September	1339484	582630	500595
	Oktober	1386427	648409	512844
	Nopember	1259108	564878	482829
	Desember	1157466	544098	481383
2017	Januari	1233282	436992	448393
	Februari	1050998	462407	405733
	Maret	1186414	464790	426409
	April	1241592	470195	404682
	Mei	1273679	515184	400639
	Juni	873755	354541	312282
	Juli	1279583	566978	402109
	Agustus	1476064	681806	510901

Lampiran 2

Syntax Program R

```

library(forecast)
library(TStools)

sales<-read.delim("clipboard")
sales

sales <- ts(sales$x, frequency = 12)
sales

#####
process <- HoltWinters(sales)
process
forecast <- predict(prcoess, 16, prediction.interval = FALSE)
forecast
plot(process,forecast)

#####
fit <- elm(sales,outplot=TRUE)
fit
frc <- forecast(fit,h=16)
frc
fit$net$data
str(fit)
plot(fit)
plot(frc)

elm(y,hd=NULL,type=c("lasso","ridge","step","lm"),reps=20 comb=c
("median","mean","mode"),lags=NULL,keep=NULL,difforder=NULL,outplot=c(FALSE,TRUE
),sel.lag=c(TRUE,FALSE),direct=c(FALSE,TRUE),allow.det.season=c(TRUE,FALSE),
det.type=c("auto","bin","trg"),    xreg=NULL,    xreg.lags=NULL,    xreg.keep=NULL,
barebone=c(FALSE,TRUE))

```