

**PERAMALAN PERTUMBUHAN EKONOMI PROVINSI BANTEN
MENGUNAKAN BAYESIAN VAR-X PADA DATA PERIODE 2008Q1-
2020Q2**

(Laporan Penelitian)

Oleh

SITI BUNGA ROHIYATUN NUFUS



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Panyayang, penulis panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tentang ” Peramalan Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Banten Menggunakan Bayesian VAR-X pada Data Periode 2008Q1-2020Q2”.

Laporan ini telah saya susun dengan maksimal dan mendapatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan laporan ini. Untuk itu saya menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan laporan ini. Terlepas dari semua itu, penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu penulis menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar penulis dapat memperbaiki karya tulis ilmiah ini. Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi terhadap pembaca.

Serang, 30 Agustus 2021

Siti Bunga Rohiyatun Nufus

DAFTAR ISI

Daftar Gambar	v
Daftar Tabel	vi
ABSTRAK	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pertumbuhan Ekonomi	6
2.2 Peramalan.....	6
2.3 Data Deret Waktu	7
2.4 Stasioneritas Data	8
2.5 Analisis Data Deret Waktu Multivariat	10
2.5.1 Model VAR	10
2.5.2 Penentuan Lag Optimum.....	13
2.5.3 Estimasi Parameter VAR dengan <i>Maximum Likelihood</i> (ML) ...	14
2.5.4 Bayesian VAR	16
2.5.5 Prior Normal Invers Wishart	20
2.5.6 Gibbs Sampling	23
2.6 MAPE (<i>Mean Absolute Percentage Error</i>)	24
III. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Sumber Data Penelitian	25
3.2 Metode Penelitian	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Data Penelitian	27
4.2 Visualisasi Data	31
4.3 Uji Stasioneritas Data	33
4.4 Penentuan Ordo Lag Optimum pada VAR	35
4.5 Estimasi VAR	36
4.6 Bayesian VAR	39
4.7 Evaluasi Peramalan.....	41
4.8 Peramalan Bayesian VAR-X	42
V. KESIMPULAN	47

5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47

DAFTAR PUSTAKA	49
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Visualisasi Data Deret Waktu	32
2. Stabilitas Koefisien VAR(1)	38
3. Stabilitas Bayesian VAR(1)-Eksogen	41
4. Visualisasi Data Peramalan PDRBRIIL Q-on-Q	44
5. Visualisasi Data Peramalan PDRBRIIL Y-on-Y	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data PDRB Atas Dasar Harga Konstan Provinsi Banten Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020.....	27
2. Data Konsumsi Rumah Tangga Atas Dasar Harga Konstan Provinsi Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020.....	28
3. Data Indeks Produksi Industri Besar Sedang Provinsi Banten Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020.....	28
4. Data Ekspor Barang Atas Dasar Harga Konstan Provinsi Banten Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020.....	29
5. Data Impor Barang Atas Dasar Harga Konstan Provinsi Banten Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020	30
6. Data Jumlah Tenaga Kerja Provinsi Banten Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020	30
7. Data Indeks Query dari Google Trends Provinsi Banten Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020	31
8. Uji Stasioneritas Levin, Lin, dan Chu	34
9. Ordo Lag Optimum	35
10. Estimasi VAR(1)-Eksogen	36
11. Estimasi Bayesian VAR(1)-Eksogen	39
12. Evaluasi Peramalan Bayesian VAR-X.....	42
13. Hasil Peramalan	43

ABSTRAK

Pada akhir tahun 2019 terjadi pandemi COVID-19 yang menyebar hampir ke seluruh negara termasuk Indonesia, hal ini menyebabkan perekonomian di negara Indonesia menjadi tidak stabil dan mengalami penurunan termasuk perekonomian di Provinsi Banten. Oleh karena itu diperlukan suatu metode untuk meramalkan pertumbuhan ekonomi di Provinsi Banten, agar pemerintah maupun pengambil kebijakan dapat mengetahui deskripsi masa depan untuk membuat strategi perekonomian di Provinsi Banten. Salah satu metode statistika dalam bidang ekonometrika yang digunakan dalam peramalan yaitu model klasik VAR yang merupakan salah satu model multivariat deret waktu, namun karena adanya informasi prior yang diterapkan dan menganggap parameter dalam VAR sebagai variabel random, maka dapat disebut Bayesian VAR dengan prior wishart. Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder periode 2008Q1-2020Q2 yang di peroleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), dengan beberapa indikator data dan *indeks query* dari *Google Trend* sebagai variabel eksogen. Hasil penelitian menunjukan dengan metode Bayesian VAR-X pertumbuhan ekonomi di Provinsi Banten mengalami peningkatan.

Kata-kata kunci: Pertumbuhan Ekonomi, Peramalan, Bayesian VAR.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Pertumbuhan ekonomi adalah salah satu variabel makro ekonomi yang dapat digunakan untuk melihat perkembangan perekonomian di suatu wilayah pada periode tertentu. Pertumbuhan ekonomi dapat juga diartikan suatu proses perubahan kondisi perekonomian suatu Negara yang berkesinambungan menuju keadaan yang lebih baik atau lebih buruk selama periode tertentu. Menurut Sukirno (2008), pertumbuhan ekonomi berarti perkembangan kegiatan dalam perekonomian yang menyebabkan barang dan jasa yang diproduksi bertambah dan kemakmuran masyarakat meningkat. Sehingga pertumbuhan ekonomi dapat diartikan juga sebagai proses kenaikan kapasitas produksi suatu perekonomian yang diwujudkan dalam bentuk kenaikan pendapatan nasional. menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi adalah proses dimana terjadi kenaikan produk nasional bruto riil atau pendapatan nasional riil. Jadi perekonomian dikatakan tumbuh atau berkembang bila terjadi pertumbuhan output riil (Tambunan,2003).

Tidak selamanya perekonomian suatu negara dapat berjalan mulus, adanya *shock* baik dari eksternal seperti naiknya harga minyak dunia, krisis global, dan lain sebagainya, maupun *shock* dari internal dalam negeri seperti kenaikan harga barang, stabilitas keamanan, pengangguran dan lain-lain, membuat terjadinya fluktuasi pada variabel-variabel makro perekonomian. Dan juga pada akhir tahun

2019 dimana negara-negara di dunia di hebohkan dengan virus yang berasal dari Wuhan yang merupakan salah satu daerah di China, virus ini dikenal sebagai Coronavirus Disease 2019 atau lebih dikenal dengan sebutan COVID-19.

COVID-19 adalah jenis virus baru yang ditemukan pada tahun 2019 dan belum pernah diidentifikasi menyerang manusia sebelumnya (Mona, 2020). Virus ini terus menyebar hampir ke seluruh negara, peristiwa menyebarnya penyakit COVID-19 ini dikenal dengan sebutan pandemi COVID-19. Virus ini diperkirakan masuk ke Indonesia pada awal tahun 2020 yang membuat aktivitas beberapa wilayah di Indonesia termasuk di Provinsi Banten mengalami pembatasan, yang sampai sekarang virus ini masih menjadi penyebab beberapa wilayah di Indonesia melakukan pembatasan aktivitas. Tentu saja para pengambil kebijakan dalam membuat keputusan dan strategi ekonomi nasional untuk masa depan, memerlukan suatu deskripsi tentang situasi masa lalu, saat ini dan masa depan sehingga keputusan dan program yang dibuat tidak sia-sia, benar dan tepat. Agar pengambil kebijakan dapat mengetahui deskripsi masa depan perekonomian, salah satu solusinya adalah dengan peramalan.

Peramalan adalah suatu aktivitas memperkirakan nilai pada variabel tertentu di masa depan berdasarkan data historis variabel tersebut atau variabel kausal lainnya dengan menggunakan metode ilmiah dalam hal ini adalah metode statistika. Dalam peramalan di bidang ekonomi, metode yang sering digunakan adalah ekonometrika. Model klasik VAR adalah salah satu model *multivariate time series econometrics* yang dikembangkan oleh C.A. Sims (1980) sebagai pengembangan dari pemikiran

Granger (1969). Granger menyatakan bahwa apabila dua variabel misalkan x dan y memiliki hubungan kausal dimana x mempengaruhi y maka informasi masa lalu x dapat membantu memprediksi y . VAR juga merupakan salah satu model linier dinamis (MLD) yang sedang marak digunakan untuk aplikasi peramalan variabel-variabel (terutama) ekonomi dalam jangka menengah maupun dalam jangka panjang. Dalam mengestimasi parameter dalam VAR bisa digunakan metode least square ataupun maksimum likelihood, dimana pandangan dari kedua metode estimasi tersebut menganggap parameter sebuah nilai yang tetap. Sedangkan dalam pendekatan bayesian, terdapatnya informasi terhadap parameter yang ditaksir yang disebut prior.

Dalam statistika terdapat dua pandangan berbeda dalam memandang sebuah parameter, yaitu frequentist dan bayesian. Menurut pandangan frequentist bahwa parameter adalah sebuah nilai tetap (konstan), sedangkan dalam pandangan bayesian terdapatnya informasi terhadap parameter yang ditaksir yang disebut prior. Karena adanya informasi prior yang diterapkan dan menganggap parameter dalam VAR sebagai variabel random, maka dapat disebut Bayesian VAR. Dalam pendekatan Bayesian, yang kita ingin dapatkan adalah momen pertama dan kedua dari distribusi posterior yang terjadi, dimana posterior secara mudah dipahami adalah perkalian antara prior dengan fungsi likelihood-nya. Secara analogi, dapat dikatakan penaksir parameter dalam VAR diperoleh dari momen pertama dari distribusi posteriornya. Setelah didapat nilai estimasinya, kemudian digunakan dalam VAR untuk peramalan.

Studi tentang peramalan menggunakan Bayesian VAR pernah dilakukan oleh Huang (2012), bahwa normal prior mempunyai performance yang baik dalam meramalkan output dan inflasi di China. Irem Sacakli-Sacildi (2015), mendapati bahwa prior Minnesota memiliki RMSE paling kecil dalam meramal PDB Turki dibandingkan Unrestricted VAR dan prior lainnya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini ingin melihat performance Bayesian VAR-X (Bayesian VAR dengan unsur variabel eksogen) dalam peramalan pertumbuhan ekonomi di Banten dengan indeks query dari Google Trend sebagai variabel eksogen, yang diharapkan dapat dijadikan dasar pertimbangan masukan bagi pengambil kebijakan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana performance Bayesian VAR dalam peramalan pertumbuhan ekonomi di Indonesia?
2. Bagaimana tingkat pertumbuhan ekonomi Provinsi Banten pada triwulan III 2021?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui *performance* peramalan Bayesian VAR dalam peramalan pertumbuhan ekonomi di Indonesia.

2. Mengetahui tingkat pertumbuhan ekonomi Provinsi Banten pada triwulan III 2021.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah kajian dan informasi terkait performance Bayesian VAR dalam peramalan variabel ekonomi pada ranah ekonometrika.
2. Menambah wawasan peneliti dalam bidang Bayesian ekonometrik.

1.5 Batasan Masalah

Dalam peneiltian ini, metode estimasi yang yang digunakan untuk model Bayesian VAR prior yang digunakan adalah prior normal invers wishart, minnesota, steady state dan diffuse. Model pertumbuhan ekonomi yang digunakan dalam analisis ini adalah didasarkan pada fungsi produksi Cobb Douglas augmented tereduksi (faktor teknologi dianggap konstan (diabaikan pada fungsi produksi) kemudian ditambahkan variabel-variabel penting diluar variabel pada fungsi produksi Cobb Douglas).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pertumbuhan Ekonomi

Menurut Ardiansyah (2017), pertumbuhan ekonomi merupakan perkembangan kegiatan dalam perekonomian yang menyebabkan barang yang diproduksi dalam masyarakat meningkat. Tingkat inflasi yang tinggi akan berdampak buruk pada pertumbuhan ekonomi, tingkat inflasi yang tinggi akan menurunkan pertumbuhan ekonomi.

Pertumbuhan ekonomi adalah sebuah proses dari perubahan kondisi perekonomian yang terjadi di suatu negara secara berkesinambungan untuk menuju keadaan yang dinilai lebih baik selama jangka waktu tertentu. Pertumbuhan ekonomi ditandai dengan adanya peningkatan pendapatan yang terjadi karena peningkatan pada barang dan jasa.

2.2 Peramalan

Peramalan merupakan bagian penting bagi perusahaan/organisasi bisnis dalam pengambilan keputusan, khususnya pengambilan keputusan manajemen yang sangat signifikan. Peramalan menjadi dasar bagi perencanaan jangka panjang perusahaan. Peramalan dapat diartikan sebagai penggunaan data historis dari sebuah variabel atau kumpulan variabel untuk mengestimasi nilai dimasa yang

akan datang. Secara umum metode peramalan dapat dibedakan menjadi dua yakni metode kualitatif dan metode kuantitatif (Dalimunte, 2017).

Menurut Makridakis (1999), peramalan adalah perkiraan atau penggambaran dari nilai atau kondisi di masa depan. Asumsi yang umum dipakai dalam peramalan adalah pola masa lampau akan berlanjut ke yang akan datang. Peramalan merupakan prediksi nilai-nilai sebuah peubah kepada nilai yang diketahui dari peubah tersebut atau peubah yang berhubungan. Meramal juga dapat didasarkan pada keahlian penilaian, yang pada gilirannya didasarkan pada data historis dan pengalaman.

2.3 Data Deret Waktu

Data deret waktu adalah data yang dikumpulkan dan dicatat dari hasil observasi atau pengamatan dalam rentang waktu tertentu dengan berurutan (Situmorang, dkk., 2015). Periode waktu pengamatan untuk mendapatkan data deret waktu dapat berbentuk tahun, bulan, hari, jam, menit dan dalam jangkauan waktu lainnya tergantung pada objek pengamatan.

Data deret waktu merupakan himpunan hasil observasi terhadap suatu variabel yang diambil secara beruntun atau terurut berdasarkan interval waktu yang tetap. Tujuannya adalah untuk menggambarkan perkembangan suatu kegiatan dari waktu ke waktu. Rangkaian data pengamatan deret waktu dinyatakan dengan variabel X_t , dimana t adalah indeks waktu dari urutan pengamatan.

Analisis data deret waktu digunakan untuk memprediksi masa depan dari suatu variabel didasarkan pada data masa lalu dan sekarang. Langkah penting dalam memilih suatu metode peramalan data deret waktu yang tepat yaitu dengan mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang paling tepat dengan pola data tersebut dapat digunakan. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu pola horizontal, pola musiman, pola siklis, dan pola trend (Makridakis, dkk., 1999).

2.4 Stasioneritas Data

Data yang stasioner adalah hal yang fundamental dalam analisis deret waktu. Apabila data deret waktu yang kita miliki tidak stasioner, maka akan berakibat timbulnya *spurious regression*. *Spurious regression* terjadi ketika hasil regresi menunjukkan hubungan yang signifikan antar variabel (ditandai dengan nilai koefisien determinasi yang tinggi), padahal hal tersebut adalah hubungan *contemporaneous* dan tidak memiliki makna kausal.

Kondisi stasioner dinyatakan sebagai berikut:

1. Rata-rata konstan, tidak terpengaruh waktu,

$$E(Y_t) = \mu \quad (2.1)$$

2. Varians data konstan untuk seluruh data time series,

$$V(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 = \gamma_0 \quad (2.2)$$

3. Kovarians antar nilai dari waktu yang berbeda tergantung dari *lag time*, bukan pada posisi dimana kovarians tersebut dihitung.

$$Cov(Y_t, Y_{t+k}) = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] = \gamma_k \quad (2.3)$$

➤ **Uji Levin Lin dan Chu**

Uji Levin, Lin, dan Chu (LLC) merupakan uji unit root bagi masing-masing individu (*cross-section*) mempunyai keterbatasan dalam hipotesis alternatif. Hal ini disebabkan secara persisten terjadi deviasi yang cukup besar terhadap keseimbangannya, terutama terjadi pada ukuran sampel yang kecil. Oleh karena itu, disarankan uji unit root bagi data panel daripada hanya uji masing-masing *cross-section*nya. Uji LLC dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\Delta y_{it} = \rho y_{i,t-1} + \sum_{L=1}^{P_i} \theta_{iL} \Delta y_{it-L} + \alpha_{mi} d_{mt} + \varepsilon_{it} \quad (2.4)$$

dengan,

$$m = 123$$

Jika ordo lag tidak diketahui, maka perlu dilakukan tiga tahap prosedur uji LLC, sebagai berikut:

1. Lakukan uji Augmented Dickey-Fuller (ADF) masing-masing secara terpisah.
2. Lakukan estimasi *long-run standard deviation*.
3. Hitung uji statistik untuk data panel dengan mengestimasi *pooled* regresi.

Kelemahan uji LLC, sebagai berikut:

1. Uji ini sangat tergantung pada asumsi interdependensi antar individu dan juga tidak dapat diaplikasikan jika terjadi korelasi antar *cross-section*.
2. Adanya asumsi yang sangat restriktif dimana dinyatakan bahwa semua *cross-section* bisa mengandung atau tidak mengandung unit root.

2.5 Analisis Data Deret Waktu Multivariat

2.5.1 Model VAR

Vector Auto Regression (VAR) merupakan alat analisis atau suatu metode statistik yang dapat digunakan untuk meramalkan variabel-variabel dalam runtut waktu dari variabel gangguan yang terdapat dalam sistem variabel tersebut. Selain itu VAR Analysis juga merupakan alat analisis yang sangat bermanfaat, baik di dalam memahami adanya hubungan timbal balik (*interrelationship*) antara variabel-variabel ekonomi, maupun dalam pembentukan model ekonomi berstruktur (Soemartini, 2011).

Vector Autoregressive (VAR) sendiri pertama kali dikemukakan oleh Christopher A. Sims (1980), sebagai sebuah teknik yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi tingkah laku dinamis dari sekumpulan variabel tanpa membutuhkan batasan yang kuat dalam rangka untuk mengidentifikasi paramater struktural dibawahnya. Metode ini menjadi metode yang sering digunakan dalam model time series.

Di dalam model VAR, semua variabel saling bergantung satu dengan yang lain. Pemodelan time series dengan menggunakan *Vector Autoregressive* adalah salah satu metode pemodelan untuk data multivariat yang sering digunakan karena mudah dan fleksibel jika dibandingkan dengan metode lainnya. Melalui analisis dalam VAR, dapat diperoleh sejumlah informasi yang sistematis dan mampu menaksir dengan baik informasi dalam persamaan yang dibentuk dari data time series tersebut.

Model *Vector Autoregressive* (VAR) biasanya digunakan untuk memproyeksikan sistem variabel-variabel runtut waktu dan untuk menganalisis dampak dinamis dari faktor gangguan yang terdapat dalam sistem variabel tersebut. Pada dasarnya analisis VAR bisa dipadankan dengan suatu model persamaan simultan. Hal ini dikarenakan dalam analisis VAR, kita mempertimbangkan beberapa variabel endogen secara bersama-sama di dalam suatu model. Selain itu, dalam analisis VAR biasanya tidak ada variabel eksogen dalam model tersebut. (Nachrowi 2006 dalam Soemartini 2011). Model *Vector Autoregressive* (VAR) juga merupakan gabungan dari beberapa model *Autoregressive* (AR), dimana model-model ini membentuk sebuah *Vector Autoregressive* berorde 1. Artinya, variabel bebas dari model tersebut hanya satu lag dari variabel tak bebasnya.

Model VAR sangat berguna sebagai alat analisis yang bertujuan untuk peramalan. Melalui model VAR, dapat diidentifikasi pola atau tingkah laku dari variabel-variabel dalam perekonomian. Misalkan Y_t adalah sebuah vektor deret waktu yang

mana variabel variabel yang digunakan ada didalamnya. Sebuah *Vector Autoregression* berordo p (VAR(p)) didefinisikan sebagai berikut:

Terdapat m variabel pada model VAR(p) dengan T observasi, yaitu:

$$Y_t = \Phi + \sum_{i=1}^p \beta_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2.5)$$

Dimana:

$Y_t = (Y_{1t}, \dots, Y_{mt})'$ berukuran $(m \times 1)$, $t = p + 1, \dots, T$

Φ = Vektor Intersep $(m \times 1)$

β_i = matriks koefisien $(m \times m)$

ε_t = Vektor Error $(m \times 1)$

Kemudian model (2.5) dapat dibentuk menjadi:

$$Y = Z\beta + \varepsilon$$

$$(2.6)$$

Dimana:

$Y = (Y_{1t}, \dots, Y_{mt})$ berukuran $(T - p) \times m$

$Z = (z_1, \dots, z_T)'$ matriks berukuran $(T - p) \times (mp+1)$

$Z = (1 \ Y'_{t-1} \ \dots \ Y'_{t-p})$ berukuran $(T - p) \times (mp+1)$

$\alpha = \text{vec}(\beta)$

$y = \text{vec}(Y)$

β : Matriks Koefisien $((mp + 1) \times m)$

$\beta = (\Phi \ \beta_1 \ \dots \ \beta_p)'$

ε = matriks error berukuran $((T - p) \times m)$

$\epsilon = \text{vec}(\varepsilon)$

Persamaan (2.6) bisa dibentuk lagi menjadi:

$$y = (I_m \otimes Z)\alpha + \epsilon \quad (2.7)$$

Dimana:

ϵ : *error* berorde $((T - p) \times m) \times 1$ mengikuti $N(0, \Sigma \otimes I_{T-p}) = N(0, \Sigma_\epsilon)$

2.5.2 Penentuan Lag Optimum

Penentuan *lag* optimum diperlukan karena alat analisis deret waktu sangat sensitif terhadap *lag time* yang digunakan pada model. Karena pada penelitian ini sampel yang digunakan berjumlah kurang dari 120 titik data, maka penulis merekomendasikan *criteria selection* lag pada *Schwarz Criterion* (Khiem dan Liew, 2004).

$$SC = -2\left(l/T\right) + \frac{k \log(T)}{T} \quad (2.8)$$

Dimana:

$$l = -\frac{TM}{2}(1 + \log 2\pi) - \frac{T}{2} \log |\hat{\Omega}| \quad (2.9)$$

$$|\hat{\Omega}| = (\sum_t^T SSR/T) \quad (2.10)$$

M adalah banyaknya persamaan pada *Vector Autoregressive* (VAR), SSR adalah *Sum Square Of Residual* dari VAR pada persamaan (2.5) dan k adalah banyak parameter, T adalah banyaknya observasi.

2.5.3 Estimasi Parameter VAR dengan *Maximum Likelihood* (ML)

- Estimasi Koefisien VAR (p)

Asumsi bahwa ϵ pada model VAR(p) mengikuti distribusi normal multivariat, maka kondisi densitasnya mengikuti normal multivariat:

$$Y \sim N(Z\beta, \Sigma \otimes I_T) = y \sim N((I_m \otimes Z)\alpha, \Sigma \otimes I_T) \quad (2.11)$$

Sehingga fungsi *likelihood*:

$$\begin{aligned} L(\beta, \Sigma | Y, Z) &= (2\pi)^{-Tm/2} |\Sigma \otimes I_T|^{-1/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (Y - Z\beta)' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) (Y - Z\beta) \right\} \\ L(\alpha, \Sigma | y, Z) &= (2\pi)^{-Tm/2} |\Sigma \otimes I_T|^{-1/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (y - (I_m \otimes Z)\alpha)' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) (y - (I_m \otimes Z)\alpha) \right\} \\ \ln L(\alpha, \Sigma | y, Z) &= -\frac{Tm}{2} \ln 2\pi - \frac{1}{2} \ln |\Sigma \otimes I_T| - \left\{ \frac{1}{2} (y - (I_m \otimes Z)\alpha)' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) (y - (I_m \otimes Z)\alpha) \right\} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Prosesnya sama dengan GLS yang telah dibahas sebelumnya:

$$\frac{\partial \ln L(\alpha, \Sigma | y, Z)}{\partial \alpha} = -\frac{1}{2} (2(\Sigma^{-1} \otimes Z'Z)\alpha - 2(\Sigma^{-1} \otimes Z')y) \quad (2.13)$$

Kondisi pertama:

$$\frac{\partial \ln L(\alpha, \Sigma | y, Z)}{\partial \alpha} = 0 \quad (2.14)$$

Sehingga diperoleh persamaan normal

$$2(\Sigma^{-1} \otimes Z'Z) \hat{\alpha}_{ml} = 2(\Sigma^{-1} \otimes Z')y \quad (2.15)$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \hat{\alpha}_{ml} &= (\Sigma^{-1} \otimes Z'Z)^{-1} (\Sigma^{-1} \otimes Z')y \\ \hat{\alpha}_{ml} &= (\Sigma \otimes (Z'Z)^{-1}) (\Sigma^{-1} \otimes Z')y \\ \hat{\alpha}_{ml} &= (I_m \otimes (Z'Z)^{-1} Z')y \end{aligned} \quad (2.16)$$

- Estimasi Kovarians VAR (p)

Kembali lagi bahwa *likelihood* dari :

$$\begin{aligned} L(\Sigma, \hat{\alpha}_{ml}) &= (2\pi)^{-Tm/2} |\Sigma \otimes I_T|^{-1/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \hat{\epsilon}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \hat{\epsilon} \right\} \\ \ln L(\Sigma, \hat{\alpha}_{ml}) &= -\frac{Tm}{2} 2\pi + \frac{1}{2} \ln |\Sigma \otimes I_T|^{-1} - \frac{1}{2} \hat{\epsilon}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \hat{\epsilon} \\ \ln L(\Sigma, \hat{\alpha}_{ml}) &= -\frac{Tm}{2} 2\pi + \frac{1}{2} \ln |\Sigma^{-1} \otimes I_T| - \frac{1}{2} \hat{\epsilon}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \hat{\epsilon} \\ L(\Sigma_{\epsilon}, \hat{\alpha}_{ml}) &= (2\pi)^{-Tm/2} |\Sigma_{\epsilon}|^{-1/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \hat{\epsilon}' (\Sigma_{\epsilon}) \hat{\epsilon} \right\} \\ \ln L(\Sigma_{\epsilon}, \hat{\alpha}_{ml}) &= -\frac{Tm}{2} 2\pi + \frac{1}{2} \ln |\Sigma_{\epsilon}|^{-1} - \frac{1}{2} \hat{\epsilon}' (\Sigma_{\epsilon}) \hat{\epsilon} \end{aligned} \quad (2.17)$$

Kondisi order pertama:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L(\Sigma, \hat{\alpha}_{ml})}{\partial \Sigma_{\epsilon}^{-1}} &= \frac{1}{2} \Sigma'_{\epsilon} - \frac{1}{2} \hat{\epsilon} \hat{\epsilon}' \\ \frac{\partial \ln L(\Sigma, \hat{\alpha}_{ml})}{\partial \Sigma_{\epsilon}^{-1}} &= 0 \\ \frac{1}{2} \Sigma'_{\epsilon} - \frac{1}{2} \hat{\epsilon} \hat{\epsilon}' &= 0 \end{aligned} \quad (2.18)$$

Karena Σ'_ϵ adalah matriks positif *definite*

$$\hat{\Sigma}_{\epsilon(ml)} = \hat{\epsilon}\hat{\epsilon}' \quad (2.19)$$

Karena adanya sifat *invariant*

$$\begin{aligned} \hat{\Sigma}_{ml} \otimes I_T &= \hat{\epsilon}\hat{\epsilon}' \\ \hat{\Sigma}_{ml} &= \frac{\hat{\epsilon}\hat{\epsilon}'}{T} \end{aligned} \quad (2.20)$$

Dimana:

$$\hat{\epsilon} = y - (I_m \otimes Z)\hat{\alpha}_{ml} \quad (2.21)$$

2.5.4 Bayesian VAR

Pada prinsipnya pendekatan Bayesian secara umum adalah perkalian antara *likelihood* dengan prior merupakan posterior

$$post(\theta|\mathbb{Y}, M_i) \propto L(\theta|\mathbb{Y}, M_i) p(\theta|M_i) \quad (2.22)$$

Dimana:

$post(\theta|\mathbb{Y}, M_i)$ adalah distribusi posterior dari parameter θ given \mathbb{Y} (sekumpulan data observasi) dan model M_i ($M_i \in M \subset \mathbb{M}$, M : Kelas umum model, \mathbb{M} : himpunan dari semua model yang mungkin).

$L(\theta|\mathbb{Y}, M_i)$ adalah fungsi *likelihood* dari parameter θ diberikan \mathbb{Y} (sekumpulan data observasi) dan model M_i .

$p(\theta|M_i)$ adalah prior dari θ diberikan M_i .

Perbedaan antara pendekatan frekuentis dan Bayesian terletak pada prior dan posteriornya. Pada estimasi Bayesian penaksir merupakan mean dari distribusi posterior parameter, yang artinya parameter dianggap sebagai variabel acak didukung oleh priornya. Sedangkan frekuentis menaksir parameter berdasarkan *likelihood*-nya (*sample information*).

Jadi dalam Bayesian, parameter model VAR kita anggap suatu variabel acak, kemudian penaksir parameter model VAR merupakan mean dari distribusi posteriornya dimana prior yang digunakan adalah prior normal invers wishart, Minnesota, steady state dan diffuse.

Kembali lagi pada model VAR (p), yaitu:

$$Y_t = \Phi + \sum_{i=1}^p \beta_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2.23)$$

Kemudian dibentuk menjadi:

$$Y = Z\beta + \varepsilon \quad (2.24)$$

Dan terakhir menjadi:

$$y = (I_m \otimes Z)\alpha + \epsilon \quad (2.25)$$

Maka fungsi *likelihood* dari ϵ :

$$L(\alpha, \Sigma | y, Z) = (2\pi)^{-Tm/2} |\Sigma \otimes I_T|^{-1/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (y - (I_m \otimes Z)\alpha)' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) (y - (I_m \otimes Z)\alpha) \right\} \quad (2.26)$$

Maka *log likelihood*:

$$\begin{aligned} \ln L(\alpha, \Sigma | y, Z) &= -\frac{Tm}{2} 2\pi - \frac{1}{2} \ln |\Sigma \otimes I_T| - \left\{ \frac{1}{2} (y - (I_m \otimes Z)\alpha)' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) (y - \right. \\ &\quad \left. (I_m \otimes Z)\alpha) \right\} \propto -\frac{1}{2} \ln |\Sigma \otimes I_T| - \left\{ -\frac{1}{2} (y - \right. \\ &\quad \left. (I_m \otimes Z)\alpha)' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) (y - (I_m \otimes Z)\alpha) \right\} \end{aligned} \quad (2.27)$$

Catatan bahwa jika Σ matriks simetris positif definit, maka: $\Sigma = \Omega \Omega'$ sehingga:

$$\begin{aligned} &(y - (I_m \otimes Z)\alpha)' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) (y - (I_m \otimes Z)\alpha) \\ &= (y - (I_m \otimes Z)\alpha)' (\Omega^{-1} \otimes I_T)' (\Omega^{-1} \otimes I_T) (y - (I_m \otimes Z)\alpha) \\ &= ((\Omega^{-1} \otimes I_T)y - (\Omega^{-1} \otimes Z)\alpha)' ((\Omega^{-1} \otimes I_T)y - (\Omega^{-1} \otimes Z)\alpha) \end{aligned} \quad (2.28)$$

Misal:

$$\alpha^* = (\Sigma^{-1} \otimes Z'Z)^{-1} (\Sigma^{-1} \otimes Z)' y \quad (2.30)$$

Pada persamaan (15) ditambah dan kurangi dengan $(\Omega^{-1} \otimes Z)\alpha^*$; maka

$$\begin{aligned} &((\Omega^{-1} \otimes I_T)y + (\Omega^{-1} \otimes Z)(\alpha^* - \alpha - \alpha^*))' ((\Omega^{-1} \otimes I_T)y + (\Omega^{-1} \otimes Z)(\alpha^* - \alpha - \\ &\alpha^*)) = ((\Omega^{-1} \otimes I_T)y - ((\Omega^{-1} \otimes Z)\alpha^*))' ((\Omega^{-1} \otimes I_T)y - ((\Omega^{-1} \otimes Z)\alpha^*)) + \\ &(\alpha^* - \alpha)' (\Sigma^{-1} \otimes Z'Z) (\alpha^* - \alpha) \end{aligned} \quad (2.31)$$

Maka kita dapat tuliskan *log-likelihood* menjadi:

$$\begin{aligned} \ln L(\alpha, \Sigma | y, Z) &\propto -\frac{T}{2} \ln |\Sigma| - \left\{ \frac{1}{2} (\alpha - \alpha^*)' (\Sigma^{-1} \otimes Z'Z) (\alpha - \alpha^*) \right\} - \\ &\left\{ \frac{1}{2} \text{tr} \left[((\Omega^{-1} \otimes I_T)y - ((\Omega^{-1} \otimes Z)\alpha^*))' ((\Omega^{-1} \otimes I_T)y - ((\Omega^{-1} \otimes Z)\alpha^*)) \right] \right\} \end{aligned} \quad (2.32)$$

Diperoleh bahwa:

$$\ln|\Sigma \otimes I_T| = \ln(|\Sigma|^T |I_T|^m) = T \ln|\Sigma| + m \ln|I_T| = T \ln|\Sigma| \quad (2.33)$$

Kita definisikan:

$$\begin{aligned} \mathbb{Z} &= I_m \otimes Z \\ (I_m \otimes Z)'(\Sigma^{-1} \otimes I_T)(I_m \otimes Z) &= (I_m \otimes Z)'(\Sigma^{-1} I_m \otimes I_T Z) = \\ &= (I_m \Sigma^{-1} I_m \otimes Z' I_T Z) = (\Sigma^{-1} \otimes Z' Z) \end{aligned} \quad (2.34)$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} (\Sigma^{-1} \otimes Z' Z) &= \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T)\mathbb{Z} \\ \alpha^* &= (\Sigma^{-1} \otimes Z' Z)^{-1}(\Sigma^{-1} \otimes Z)'y = (\mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T)\mathbb{Z})^{-1}\mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T)y \end{aligned} \quad (2.35)$$

Kembali lagi ke *log-likelihood*

$$\begin{aligned} \ln L(\alpha, \Sigma|y, Z) &\propto -\frac{T}{2} \ln|\Sigma| - \left\{ \frac{1}{2} (\alpha - \alpha^*)'(\Sigma^{-1} \otimes Z' Z)(\alpha - \alpha^*) \right\} \\ &\quad - \left\{ \frac{1}{2} \text{tr} \left[((\Omega^{-1} \otimes I_T)y - ((\Omega^{-1} \otimes I_T)\mathbb{Z}\alpha^*))'(\Omega^{-1} \otimes I_T)y \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - ((\Omega^{-1} \otimes I_T)\mathbb{Z}\alpha^*) \right] \right\} \\ \ln L(\alpha, \Sigma|y, Z) &\propto -\frac{T}{2} \ln|\Sigma| - \left\{ \frac{1}{2} (\alpha - \alpha^*)'(\mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T)\mathbb{Z})(\alpha - \alpha^*) \right\} \\ &\quad - \left\{ \frac{1}{2} \text{tr} \left[((\Omega^{-1} \otimes I_T)(y - \mathbb{Z}\alpha^*))'((\Omega^{-1} \otimes I_T)(y - \mathbb{Z}\alpha^*)) \right] \right\} \\ \ln L(\alpha, \Sigma|y, Z) &\propto -\frac{T}{2} \ln|\Sigma| - \left\{ \frac{1}{2} (\alpha - \alpha^*)'\mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T)\mathbb{Z}(\alpha - \alpha^*) \right\} \\ &\quad - \left\{ \frac{1}{2} \text{tr}[(y - \mathbb{Z}\alpha^*)'(\Omega^{-1} \otimes I_T)'(\Omega^{-1} \otimes I_T)(y - \mathbb{Z}\alpha^*)] \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\ln L(\alpha, \Sigma|y, Z) &\propto -\frac{T}{2} \ln|\Sigma| - \left\{ \frac{1}{2} (\alpha - \alpha^*)' \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} (\alpha - \alpha^*) \right\} \\
&\quad - \left\{ \frac{1}{2} \text{tr}[(y - \mathbb{Z}\alpha^*)' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) (y - \mathbb{Z}\alpha^*)] \right\} \\
\ln L(\alpha, \Sigma|y, Z) &\propto -\frac{T}{2} \ln|\Sigma| - \left\{ \frac{1}{2} (\alpha - \alpha^*)' \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} (\alpha - \alpha^*) \right\} \\
&\quad - \left\{ \frac{1}{2} \text{tr}[(y - \mathbb{Z}\alpha^*) (y - \mathbb{Z}\alpha^*)' (\Sigma^{-1} \otimes I_T)] \right\} \\
\ln L(\alpha, \Sigma|y, Z) &\propto \ln(N(\alpha|\alpha^*, \Sigma, \mathbb{Z}, y) IW(\Sigma|\alpha^*, \mathbb{Z}, y)) \quad (2.37)
\end{aligned}$$

Jadi *joint likelihood* dari model VAR adalah proporsional terhadap produk dari distribusi normal kondisi untuk α dan distribusi *invers wishart conditional* untuk Σ .

2.5.5 Prior Normal Invers Wishart

Pertama kita anggap bahwa model Bayesian VAR adalah model normal inverse Wishart, dimana joint posterior dari α dan Σ adalah:

$$p(\alpha, \Sigma|\mathbb{Z}, y) \propto p(y|\mathbb{Z}, \alpha, \Sigma) p(\alpha, \Sigma) \quad (2.39)$$

Kita telah mempunyai bahwa :

$$p(y|\mathbb{Z}, \alpha, \Sigma) \propto \ln(N(\alpha|\alpha^*, \Sigma, \mathbb{Z}, y) IW(\Sigma|\alpha^*, \mathbb{Z}, y)) \quad (2.40)$$

Kita akan menghindari distribusi sampling langsung dari $p(\alpha, \Sigma|\mathbb{Z}, y)$ yang dimana memiliki bentuk yang tidak dikenal sehingga kita akan pilih distribusi prior dari densitas $p(\alpha|\Sigma, \mathbb{Z}, y)$ dan $p(\Sigma|\alpha, \mathbb{Z}, y)$. Kita asumsikan bahwa $p(\alpha|\Sigma, \mathbb{Z}, y)$ dan

$p(\Sigma|\alpha, \mathbb{Z}, y)$ memiliki bentuk distribusi seperti $p(y|\mathbb{Z}, \alpha, \Sigma)$, yakni $p(\alpha|\Sigma, \mathbb{Z}, y)$ berdistribusi normal dan $p(\Sigma|\alpha, \mathbb{Z}, y)$ berdistribusi invers wishart dan parameter pada prior $p(\alpha, \Sigma)$ saling independen ($p(\alpha, \Sigma) = p(\alpha) p(\Sigma)$).

$$\begin{aligned} p(\alpha) &= N(\bar{\alpha}, \Xi_{\alpha}) \\ &= (2\pi)^{-\frac{mp+1}{2}} |\Xi_{\alpha}|^{-\frac{1}{2}} \exp(-(\alpha - \bar{\alpha})' \Xi_{\alpha}^{-1} (\alpha - \bar{\alpha})/2) \end{aligned} \quad (2.41)$$

$$\begin{aligned} p(\Sigma) &= IW(\Xi_{\Sigma}, \gamma) \\ &= 2^{-\frac{\gamma m}{2}} \pi^{-\frac{m(m-1)}{4}} |\Xi_{\Sigma}|^{\frac{\gamma}{2}} \left(\prod_{i=1}^m \Gamma\left(\frac{\gamma+1-i}{2}\right) \right)^{-1} |\Sigma|^{-\frac{\gamma-m-1}{2}} \exp(-\frac{1}{2} \text{tr}(\Xi_{\Sigma} \Sigma^{-1})) \end{aligned} \quad (2.42)$$

Bentuk posterior dari α dan Σ adalah *proportional* terhadap perkalian dari persamaan (2.42).

$$\begin{aligned} p(\alpha|\Sigma, \mathbb{Z}, y) &\propto \exp\left(-\frac{1}{2}((\alpha - \alpha^*)' \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z}(\alpha - \alpha^*) + (\alpha - \bar{\alpha})' \Xi_{\alpha}^{-1} (\alpha - \bar{\alpha}))\right) \\ &\quad (\alpha - \alpha^*)' \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z}(\alpha - \alpha^*) + (\bar{\alpha} - \alpha)' \Xi_{\alpha}^{-1} (\alpha - \bar{\alpha}) = \\ &\quad \alpha' \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \alpha - \alpha' \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \alpha^* - \alpha^{*'} \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \alpha + \\ &\quad \alpha^{*'} \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \alpha^* + \alpha' \Xi_{\alpha}^{-1} \alpha - \alpha' \Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} - \bar{\alpha}' \Xi_{\alpha}^{-1} \alpha + \bar{\alpha}' \Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} = \\ &\quad \alpha' \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \alpha + \alpha' \Xi_{\alpha}^{-1} \alpha - \alpha' \Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} - \bar{\alpha}' \Xi_{\alpha}^{-1} \alpha + \bar{\alpha}' \Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} - \\ &\quad \alpha' \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \alpha^* - \alpha^{*'} \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \alpha + \alpha^{*'} \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \alpha^* \end{aligned} \quad (2.43)$$

Ingat bahwa:

$$\alpha^* = (\mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z})^{-1} \mathbb{Z}'(\Sigma^{-1} \otimes I_T) y$$

$$\begin{aligned}
& (\alpha - \alpha^*)' \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} (\alpha - \alpha^*) + (\bar{\alpha} - \alpha)' \Xi_{\alpha}^{-1} (\alpha - \bar{\alpha}) \\
&= \alpha' \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \alpha + \alpha' \Xi_{\alpha}^{-1} \alpha - \alpha' \Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} - \bar{\alpha}' \Xi_{\alpha}^{-1} \alpha + \bar{\alpha}' \Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} \\
&- \alpha' \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} (\mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z})^{-1} \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) y \\
&- ((\mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z})^{-1} \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) y)' \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \alpha \\
&+ ((\mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z})^{-1} \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) y)' \\
&+ \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} (\mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z})^{-1} \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) y \\
&= \alpha' \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \alpha + \alpha' \Xi_{\alpha}^{-1} \alpha - \alpha' \Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} - \bar{\alpha}' \Xi_{\alpha}^{-1} \alpha + \bar{\alpha}' \Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} - \\
&\alpha' \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) y - (\mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) y)' \alpha + y' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) y \\
&= \alpha' (\mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} + \Xi_{\alpha}^{-1}) \alpha - \alpha' (\Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} + \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) y) - (\Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} + \\
&\mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T)' \alpha + y' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) y + \bar{\alpha}' \Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} \quad (2.44)
\end{aligned}$$

Jadi,

$$p(\alpha | \Sigma, \mathbb{Z}, y) \propto \exp \left(-\frac{1}{2} ((\alpha - \tilde{\alpha})' \tilde{\Sigma}_{\alpha}^{-1} (\alpha - \tilde{\alpha}) + C) \right) \quad (2.45)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
\tilde{\Sigma}_{\alpha}^{-1} &= \Xi_{\alpha}^{-1} + \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \mathbb{Z} \\
\tilde{\alpha} &= \tilde{\Sigma}_{\alpha}^{-1} (\Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} + \mathbb{Z}' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) y) \\
C &= y' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) y + \bar{\alpha}' \Xi_{\alpha}^{-1} \bar{\alpha} - \tilde{\alpha}' \tilde{\Sigma}_{\alpha}^{-1} \tilde{\alpha}
\end{aligned}$$

Sedangkan untuk distribusi posterior kondisional dari Σ , berikut penurunannya:

Ingat bahwa :

$$\alpha = \text{vec}(\beta)$$

$$\begin{aligned}
\text{tr}(I_T (Y - Z\beta) \Sigma^{-1} (Y - Z\beta)') &= \text{vec}(((Y - Z\beta)')' ((\Sigma^{-1})' \otimes I_T) \text{vec}(Y - Z\beta)) \\
&= \text{vec}(Y - Z\beta)' (\Sigma^{-1} \otimes I_T) \text{vec}(Y - Z\beta)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
p(\Sigma|\beta, Z, Y) &\propto |\Sigma|^{-\frac{T}{2}} |\Sigma|^{-\frac{\gamma-m-1}{2}} \exp(-\frac{1}{2} \text{tr}(\Xi_{\Sigma} \Sigma^{-1})) \exp(-\frac{1}{2} \text{tr}(\Sigma^{-1}(Y - \\
&Z\beta)'(Y - Z\beta))) \propto |\Sigma|^{-\frac{(T+\gamma-m-1)}{2}} \exp(-\frac{1}{2} \text{tr}(\Xi_{\Sigma} + (Y - Z\beta)'(Y - \\
&Z\beta))\Sigma^{-1})
\end{aligned} \tag{2.46}$$

Jadi diperoleh bahwa:

$$p(\alpha|\Sigma, \mathbb{Z}, y) = N(\tilde{\alpha}, \tilde{\Sigma}_{\alpha}) \tag{2.47}$$

$$p(\Sigma|\beta, Z, y) = IW(\Xi_{\Sigma} + (Y - Z\beta)'(Y - Z\beta), T + \gamma) \tag{2.48}$$

Pada prior normal invers wishart dipilih karena tidak menggunakan nilai inisial untuk mengestimasi Σ .

2.5.6 Gibbs Sampling

Gibbs sampling merupakan kasus khusus dari Metropolis Hastings, bisa diterapkan apabila distribusi *probabilitas* bersama tidak diketahui secara eksplisit tetapi distribusi bersyarat dari setiap variabel diketahui. Berikut langkah-langkahnya:

1. Misalkan $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_w)$ dan informasi tentang θ terukur dengan $p(\theta) = p(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_w)$
2. Tentukan nilai awal $\theta^{(0)} = (\theta_1^{(0)}, \theta_2^{(0)}, \dots, \theta_w^{(0)})$
3. Gibbs sampler mengenerate $\theta^{(h)}$ dari $\theta^{(h-1)}$ sebagai berikut:
 - i. Sampel $\theta_1^{(h)} \sim p(\theta_1 | \theta_2^{(h-1)}, \theta_3^{(h-1)}, \dots, \theta_l^{(h-1)})$
 - ii. Sampel $\theta_2^{(h)} \sim p(\theta_2 | \theta_1^{(h)}, \theta_3^{(h-1)}, \dots, \theta_w^{(h-1)})$

$$\vdots$$

$$n. \text{ Sampel } \theta_w^{(h)} \sim p(\theta_w | \theta_1^{(h)}, \theta_3^{(h)}, \dots, \theta_{w-1}^{(h)})$$

2.6 MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

Akurasi peramalan pada data testing (*out sample*) dalam penelitian ini menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{v-T} \sum_{t=T+1}^v \left| \frac{F_t - A_t}{A_t} \times 100\% \right| \quad (2.49)$$

Dengan:

F_t = nilai hasil peramalan ke-t

A_t = nilai aktual ke-t.

Kriteria MAPE [4]: (1) jika nilai MAPE < 10%, maka kemampuan peramalan metode Bayesian VAR-X sangat baik, (2) jika nilai MAPE berada pada 10% - 20%, maka kemampuan peramalan metode Bayesian VAR-X baik, (3) jika nilai MAPE berada pada 20% - 50%, maka kemampuan peramalan metode Bayesian VAR-X cukup baik, dan (4) jika nilai MAPE > 50%, maka kemampuan peramalan metode Bayesian VAR-X buruk.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data yang digunakan adalah periode 2008Q1-2020Q2, meliputi:

1. PDRB atas dasar harga konstan 2010 (PDRB_riil) dalam juta Rp.
2. Konsumsi Rumah Tangga atas dasar harga konstan 2010 (Kons_riil) dalam juta Rp, diambil dari komponen PDRB menurut pengeluaran.
3. Indeks Produksi Industri Besar Sedang (ibs).
4. Ekspor barang atas dasar harga konstan 2010 (Exporbrg) dalam juta Rp diambil dari komponen PDRB menurut pengeluaran.
5. Impor barang atas dasar harga konstan 2010 (imporbrg) dalam juta Rp diambil dari komponen PDRB menurut pengeluaran.
6. Jumlah tenaga kerja (naker) dari sakernas tersedia dalam semi-annual (Feb-Agustus) kemudian dilakukan *conversion to high frequency* dengan menggunakan metode Denton sehingga data naker semi-annual menjadi kuartal/triwulan.
7. Indeks query dari Google Trends (dengan kata kunci “Pertumbuhan ekonomi”, “ekonomi”, “kondisi ekonomi”, “industri pengolahan”, “PDRB”; dimana nilai google trend tersebut merupakan penjumlahan dari indeks query berdasarkan kata kunci tersebut. Kemudian, data dari bulanan diubah menjadi triwulanan).

Variabel endogen dalam VAR meliputi PDRB_{riil}, Kons_{riil}, ekspor_{brg}, impor_{brg}, naker, dan ibs. Sedangkan, variabel eksogen adalah indek query dari google trends.

3.2 Metode Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, maka langkah-langkah dalam penelitian ini dengan *software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah eviews 12 versi *student version*, sebagai berikut:

1. Mentransformasi logaritma natural semua data yang digunakan.
2. Membagi set data ke dalam data *training* dan data *testing*. Data *training* sebanyak 80 persen dari total observasi digunakan untuk modelling. Data *testing* sebanyak 20 persen dari total observasi untuk melihat RMSE dari model.
3. Melakukan identifikasi model pada data training:
 - a. Mengecek plot data dan korelasi antar variabel.
 - b. Menguji stasioneritas data.
 - c. Mengecek ordo (*lag*) optimum pada VAR
 - d. Memodelkan VAR berdasarkan ordo optimum dengan metode *least squared* atau maksimum *likelihood*.
 - e. Memodelkan VAR berdasarkan ordo optimum dengan metode Bayesian berdasarkan prior normal invers wishart, Minnesota, steady state, dan diffuse.
 - f. Diagnostik model VAR yang dihasilkan pada langkah (d) dan (e).
 - g. Melakukan validasi dari model VAR dan Bayesian VAR pada data *testing*.
 - h. Melakukan peramalan sampai 4 triwulan dari waktu periode data *testing*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) periode triwulan I 2008 sampai dengan triwulan II 2020, sebagai berikut:

1. PDRB atas dasar harga konstan.

Tabel 1. Data PDRB Atas Dasar Harga Konstan Provinsi Banten Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020

Tahun	PDRB Atas Dasar Harga Konstan (Juta Rp)			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
2008	57839766.71	59718810.84	61464965.49	62006409.35
2009	62239290.54	62590345.89	64681934.51	65238958.36
2010	65686470.32	66784955.63	68796861.56	70196995.72
2011	71058168.46	71751439.35	73768441.36	73967789.75
2012	75151018.94	77008187.85	79144630.78	79081754.89
2013	80832322.59	82342846.52	84623775.65	83300160.74
2014	84508560.07	86903751.86	88295122.7	89643793.02
2015	89195967.17	91557990.85	93615552.4	94007692.61
2016	93791486.83	96301264.93	98515327.19	99227010.5
2017	99374695.8	101641916.4	104090246.2	105030140
2018	105139245.5	107231753.4	110171398.5	111240316.8
2019	110677167.9	112841809.7	115734481.7	117487368.6
2020	114201430	104633650		

2. Konsumsi Rumah Tangga atas dasar harga konstan.

Tabel 2. Data Konsumsi Rumah Tangga Atas Dasar Harga Konstan Provinsi Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020

Tahun	Konsumsi Rumah Tangga Atas Dasar Harga Konstan (Juta Rp)			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
2008	37772284.14	38119273.25	38910929.81	39053571.3
2009	39336703.27	39980804.44	41080308.66	41519847.98
2010	41026172.14	41494284.9	42615756.87	42540595.94
2011	42585235.13	42947646.93	44100775.84	44370297.65
2012	44771901.76	45452904.46	46477591.07	46682962.98
2013	46925173.9	47549286.21	48549612.86	48990690.46
2014	48985748.24	49851530.05	51268223.15	51611142.9
2015	51668366.15	52529003.11	54004787	54448410.93
2016	54558213.06	55555530.28	56780167.76	57218060.22
2017	57449987.83	58639447.74	59569853.15	59831867.59
2018	60322336.98	61650093.81	62781383.57	63138549.34
2019	63465118.9	64875070.29	65740294.74	66070293.41
2020	66108502.39	61422639.07		

3. Indeks Produksi Industri Besar Sedang.

Tabel 3. Data Indeks Produksi Industri Besar Sedang Provinsi Banten Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020

Tahun	Indeks Produksi Industri Besar Sedang			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
2008	189.729807	191.697871	192.830834	192.772853
2009	196.202203	196.23162	197.802376	199.113952
2010	200.279296	202.225464	202.903361	210.637613
2011	214.764572	241.614683	223.359105	215.494993
2012	221.765897	235.936738	235.88955	232.610686
2013	244.729702	252.854728	255.686701	240.422205
2014	234.315481	237.900508	237.805348	243.845604

2015	239.285691	242.492119	251.270334	245.667006
2016	236.184259	235.333996	242.723483	243.063296
2017	244.23	246.1	247.13	251.97
2018	258.63	252.01	256.659204	271.993856
2019	257.61	254.680365	264.693839	284.458319
2020	269.334481	210.479724		

4. Ekspor barang atas dasar harga konstan.

Tabel 4. Data Ekspor Barang Atas Dasar Harga Konstan Provinsi Banten
Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020

Tahun	Ekspor Barang Atas Dasar Harga Konstan			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
2008	19167731.58	19140624.27	19826672.17	18498956.84
2009	15628533.97	17777882.97	18217517.67	18209369.44
2010	19636642.9	20377783.55	18377393.26	22797225.87
2011	21845120.25	23931376.91	23493748.9	23147832.82
2012	23420158.51	24687900.18	21766861.8	23659348.81
2013	22748887.9	25406516.65	24802778.32	28168626.36
2014	25530675.45	28027079.31	27080750.9	27490306.17
2015	25478930.09	26903988.59	24667928.85	24748036.62
2016	23452127.61	25951127.37	24054043.42	28852531.04
2017	30315308.45	27693275.84	28933397.65	29737412.3
2018	29381252.63	29730980.95	33104130.79	30477411.25
2019	29572073.33	29552225.63	29074136.31	30007276.28
2020	27828903.3	27090463.39		

5. Impor barang atas dasar harga konstan 2010 (imporbrg) dalam juta Rp diambil dari komponen PDRB menurut pengeluaran.

Tabel 5. Data Impor Barang Atas Dasar Harga Konstan Provinsi Banten
Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020

Tahun	Impor Barang Atas Dasar Harga Konstan			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
2008	42881603.09	45181359.44	50616464.48	48972173.08
2009	35723100.85	44168564.71	42959387.88	46954941.62
2010	42933228.01	41289257.71	48741478.29	52325184.2
2011	47941452.91	52051153.61	53262675.63	62152598.05
2012	55617859.51	63334183.43	54273474.04	68397722.38
2013	57235459.58	59351471.89	55286239.83	61553776.63
2014	59068384.6	61389033.87	55732296.66	62864227.91
2015	55320115.78	59630678.49	57234572.24	62219521.78
2016	53236040.25	51738149.29	51091685.98	57539664.13
2017	61068450.33	58889945.16	58673575.55	63115827.37
2018	58564744.87	60159885.93	64202076.29	64178138.06
2019	58492917.85	59700027.86	61026630.29	62805996.74
2020	59027213.39	52556779.48		

6. Jumlah tenaga kerja.

Tabel 6. Data Jumlah Tenaga Kerja Provinsi Banten Triwulan I 2008 Sampai
Dengan Triwulan II 2020

Tahun	Jumlah Tenaga Kerja			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
2008	1826893.647	1825631.353	1823106.765	1845788.235
2009	1893675.765	1899149.235	1862208.646	1842569.354
2010	1840231.358	1974483.642	2245326.203	2337758.797
2011	2251781.423	2215816.577	2229864.259	2299795.741
2012	2425611.02	2432880.98	2321605.619	2340762.381
2013	2490351.266	2493342.734	2349736.785	2337889.215
2014	2457800.025	2480292.975	2405368.062	2448623.938
2015	2610060.6	2598062.4	2412629.335	2412830.665
2016	2598666.388	2635607.612	2523654.338	2564842.662
2017	2759172.582	2747782.418	2530672.168	2546727.832

2018	2795949.411	2840114.589	2679223.366	2671886.634
2019	2818104.394	2855704.606	2784687.269	2767762.731
2020	2804930.989	2806347.011		

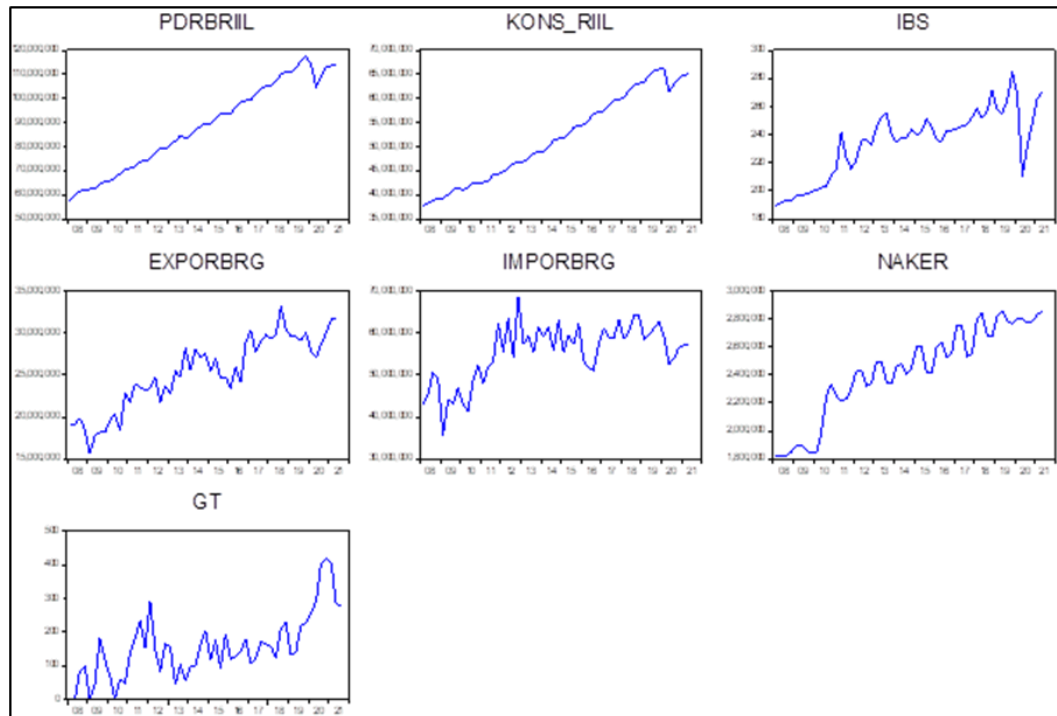
7. Indeks query dari Google Trends.

Tabel 7. Data Indeks Query dari Google Trends Provinsi Banten Triwulan I 2008 Sampai Dengan Triwulan II 2020

Tahun	Indeks Query dari Google Trends			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
2008	0	0	84	100
2009	0	48	181	115
2010	68	0	59	47
2011	140	181	234	151
2012	292	147	84	166
2013	154	45	105	54
2014	99	100	159	204
2015	115	177	91	194
2016	120	125	144	177
2017	106	119	171	163
2018	157	121	211	228
2019	130	143	218	228
2020	256	291		

4.2 Visualisasi Data

Visualisasi data akan membantu mempermudah pemahaman terhadap jumlah data yang sedang di baca. Berikut merupakan visualisasi data dari beberapa indikator data untuk melakukan peramalan pertumbuhan ekonomi Provinsi Banten.



Gambar 1. Visualisasi Data Deret Waktu.

Berdasarkan Gambar 1 tersebut, dapat dilihat visualisasi data beberapa indikator yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di Provinsi Banten, secara umum dari 2008Q1 sampai 2020Q1 mengalami kenaikan dan pada 2020Q2 indikator-indikator data tersebut mengalami penurunan seperti pada PDRB atas dasar harga konstan, konsumsi rumah tangga, indeks produksi industri besar sedang, ekspor barang dan impor barang serta jumlah tenaga kerja di Provinsi Banten, kecuali pada indikator Google Trends (GT) yang merupakan nilai Indeks query (dengan kata kunci “Pertumbuhan ekonomi”, “ekonomi”, “kondisi ekonomi”, “industri pengolahan”, “PDRB”; dimana nilai google trend tersebut merupakan penjumlahan dari indeks query berdasarkan kata kunci tersebut. Kemudian, data dari bulanan diubah menjadi triwulanan). Dimana pada periode 2020Q2 pemerintah negara Indonesia sedang menerapkan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) yang berdampak langsung pada sosial ekonomi di Indonesia termasuk di Provinsi Banten.

Berdasarkan data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) atas dasar harga konstan secara Q-on-Q mengalami penurunan sebesar 8,38% dan berdasarkan data Indeks Produksi Industri Besar Sedang secara Q-on-Q juga mengalami penurunan sebesar 21,85% pada 2020Q2 terhadap 2020Q1 kondisi ini didorong oleh pandemi COVID-19 yang terus berlanjut serta pemberlakuan PSBB di wilayah Banten. Seiring dengan indikator pembangun pertumbuhan ekonomi di Provinsi Banten tersebut yang mengalami penurunan pada 2020Q2 akibat pandemi COVID-19 sehingga menyebabkan perekonomian di Provinsi Banten juga ikut menurun.

Pergerakan pada indikator-indikator tersebut sangat mempengaruhi kondisi perekonomian di Provinsi Banten. Indikator tersebut dapat merefleksikan keadaan perekonomian di Provinsi Banten. Dimana jika indikator-indikator tersebut mengalami penurunan maka perekonomian di Provinsi Banten juga ikut mengalami penurunan dan jika indikator-indikator tersebut mengalami kenaikan maka perekonomian di Provinsi Banten juga ikut mengalami kenaikan. Seperti pada saat ini dapat dilihat dari grafik indikator-indikator tersebut yang mengalami kenaikan setelah periode 2020Q2 mengalami penurunan yang berarti perekonomian di Provinsi Banten cenderung mengalami perbaikan ditandai dengan beberapa indikator terus mengalami kenaikan. Kondisi ini berjalan seiring dengan pandemi COVID-19 yang masih berlangsung hingga saat ini.

4.3 Uji Stasioner Data

Uji stasioneritas data deret waktu dilakukan dengan pembentukan sebuah hipotesis yang berkaitan dengan hasil ujinya, untuk melihat kestasioneran data deret waktu multivariat maka digunakan Uji Levin, Lin dan Chu dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Uji Stasioneritas Levin, Lin, dan Chu

Method	Statistic	Prob.**	Cross-Sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-3.30761	0.0005	7	354
Breitung t-stat	-2.23416	0.0127	7	347
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-4.07271	0.0000	7	354
ADF - Fisher Chi-square	46.6832	0.0000	7	354
PP - Fisher Chi-square	40.4285	0.0002	7	372

Berdasarkan Tabel 8 tersebut, dapat dilihat bahwa nilai prob pada uji Levin, Lin dan Chu menggunakan *software* Eviews12 maka dilakukan analisis uji hipotesis sebagai berikut:

- Hipotesis

H_0 : Data tidak stasioner

H_1 : Data stasioner

- Taraf signifikansi (α)

$\alpha = 5\%$

- Statistik uji

Nilai prob Levin, Lin dan Chu = 0.0005

- Daerah kritis

Jika nilai prob Levin, Lin dan Chu $< \alpha$, maka H_0 ditolak

Jika nilai prob Levin, Lin dan Chu $> \alpha$, maka tidak cukup bukti untuk tolak H_0

- Keputusan

Nilai prob Levin, Lin, dan Chu (0.0005) dan α (0.05), berarti nilai prob Levin, Lin dan Chu $< \alpha$ maka H_0 ditolak

Berdasarkan keputusan analisis uji hipotesis tersebut, jadi secara simultan semua variabel tidak memiliki *common unit root*. Sehingga semua variabel yang digunakan pada data level (tidak ditransformasi).

4.4 Penentuan Ordo Lag Optimum pada VAR

Setelah melakukan uji stasioneritas Langkah selanjutnya yaitu menentukan ordo lag optimum, pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Ordo Lag Optimum

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	464.4803	NA	2.61e-16	-18.85335	-18.38554	-18.67656
1	643.5294	298.4152	6.87e-19	-24.81373	-22.94252*	-24.10660
2	707.3205	90.37076	2.35e-19	-25.97169	-22.69709	-24.73421
3	754.9964	55.62190	1.80e-19	-26.45819	-21.78018	-24.69036
4	803.5127	44.47326	1.68e-19	-26.97970	-20.89829	-24.68153
5	866.0022	41.65962	1.34e-19	-28.08342	-20.59862	-25.25490
6	990.2612	51.77460*	1.96e-20*	-31.76088*	-22.87268	-28.40202*

Berdasarkan Tabel 9 tersebut, dapat dilihat bahwa panjang lag pada nilai *Schwarz Information Criterion* (SC) yang dipilih sebesar satu.

4.5 Estimasi VAR

Dengan Lag yang dihasilkan sebesar 1 maka didapatkan hasil estimasi VAR(1)-

Eksogen sebagai berikut:

Tabel 10. Estimasi VAR(1)-Eksogen

	LOG(PDRBRIIL)	LOG(KONS_RIIL)	LOG(IBS)	LOG(EXPORBRG)	LOG(IMPORBRG)	LOG(NAKER)
LOG(PDRBRIIL(-1))	1.135434 (0.22962) [4.94484]	0.414721 (0.18919) [2.19211]	1.684566 (0.58889) [2.86056]	1.391282 (0.93028) [1.49555]	1.661824 (1.16855) [1.42212]	0.788331 (0.55278) [1.42613]
LOG(KONS_RIIL(-1))	-0.220691 (0.22715) [-0.97155]	0.510283 (0.18716) [2.72652]	-1.698804 (0.58257) [-2.91607]	-1.334260 (0.92029) [-1.44983]	-2.096491 (1.15600) [-1.81358]	-0.591714 (0.54684) [-1.08206]
LOG(IBS(-1))	-0.225020 (0.06661) [-3.37821]	-0.135118 (0.05488) [-2.46203]	0.081650 (0.17083) [0.47796]	-0.044858 (0.26986) [-0.16623]	0.303252 (0.33898) [0.89460]	-0.144364 (0.16035) [-0.90029]
LOG(EXPORBRG(-1))	0.078212 (0.03962) [1.97405]	0.064485 (0.03264) [1.97542]	0.073107 (0.10161) [0.71948]	0.458800 (0.16052) [2.85828]	0.192084 (0.20163) [0.95266]	0.005796 (0.09538) [0.06077]
LOG(IMPORBRG(-1))	-0.029558 (0.03382) [-0.87408]	-0.061603 (0.02786) [-2.21103]	-0.003695 (0.08673) [-0.04261]	-0.242093 (0.13700) [-1.76706]	0.019696 (0.17209) [0.11445]	0.067409 (0.08141) [0.82804]
LOG(NAKER(-1))	0.136166 (0.05522) [2.46599]	0.041054 (0.04549) [0.90238]	0.095511 (0.14161) [0.67445]	0.381827 (0.22371) [1.70680]	0.257874 (0.28101) [0.91768]	0.557272 (0.13293) [4.19226]
C	-0.119472 (0.80723) [-0.14800]	1.259419 (0.66509) [1.89360]	1.795340 (2.07026) [0.86721]	6.417407 (3.27042) [1.96226]	15.57879 (4.10805) [3.79226]	2.099130 (1.94330) [1.08019]
GT	-3.29E-05 (3.2E-05) [-1.02161]	-2.38E-05 (2.7E-05) [-0.89529]	-4.87E-06 (8.3E-05) [-0.05894]	6.08E-05 (0.00013) [0.46546]	0.000142 (0.00016) [0.86433]	-2.58E-05 (7.8E-05) [-0.33262]
R-squared	0.994890	0.995113	0.864704	0.886327	0.662616	0.933332
Adj. R-squared	0.994095	0.994353	0.843657	0.868644	0.610134	0.922961
Sum sq. resids	0.011534	0.007830	0.075862	0.189313	0.298708	0.066843
S.E. equation	0.016010	0.013191	0.041059	0.064861	0.081474	0.038541
F-statistic	1251.548	1309.028	41.08614	50.12448	12.62559	89.99810
Log likelihood	148.2647	158.5300	98.34825	74.11430	62.02863	101.7025
Akaike AIC	-5.293006	-5.680376	-3.409368	-2.494879	-2.038816	-3.535943
Schwarz SC	-4.995604	-5.382974	-3.111965	-2.197477	-1.741414	-3.238540
Mean dependent	18.28324	17.75393	5.455980	17.03223	17.82508	14.69884
S.D. dependent	0.208335	0.175529	0.103841	0.178962	0.130485	0.138857

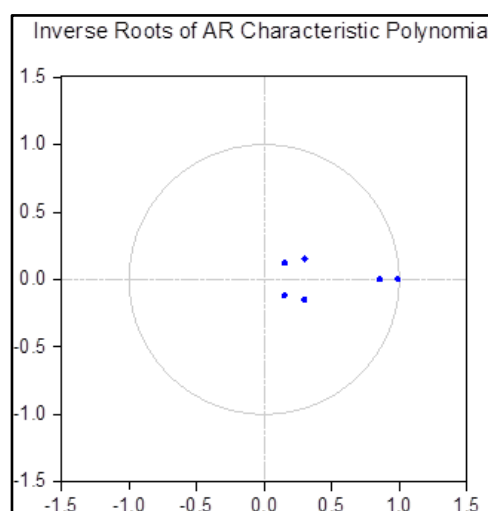
Determinant resid covariance (dof adj.)	2.51E-19				
Determinant resid covariance	9.41E-20				
Log likelihood	709.7352				
Akaike information criterion	-24.97114				
Schwarz criterion	-23.18672				
Number of coefficients	48				

Berdasarkan Tabel 10 tersebut, diketahui bahwa secara berturut-turut menjelaskan keberagaman (R-Squared) estimasi VAR dari PDRB atas dasar harga konstan sebesar 99,5%, konsumsi rumah tangga atas dasar harga konstan sebesar 99,5%, indeks produksi industri besar sedang sebesar 86,5%, ekspor barang atas dasar harga konstan sebesar 88,6%, impor barang atas dasar harga konstan sebesar 66,3%, dan jumlah tenaga kerja sebesar 93,3%. Dari model Log(PDRBRIIL) berdasarkan estimasi VAR dapat dilihat bahwa PDRBRIIL berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah ekspor barang dan jumlah tenaga kerja akan tetapi berkontribusi kecil terhadap konsumsi rumah tangga, indeks produksi besar sedang, impor barang dan indeks query dari Google Trend.

Pada model Log(PDRBRIIL) dengan angka satu pada setiap log variabel menunjukkan bahwa panjang lag sebesar satu. Diketahui standar error untuk LOG(PDRBRIIL(-1)) atau log pada PDRB atas dasar harga konstan sebesar (0.22962) dengan nilai p-value sebesar [4.94484], standar error untuk LOG(KONS_RIIL(-1)) atau log pada konsumsi rumah tangga atas dasar harga konstan sebesar (0.22715) dengan nilai p-value sebesar [-0.97155], standar error untuk LOG(IBS(-1)) atau log indeks produksi industri besar sedang sebesar (0.06661) dengan nilai p-value sebesar [-3.37821], standar error untuk LOG(EXPORBRG(-1)) atau log pada ekspor barang atas dasar harga konstan

sebesar (0.03962) dengan nilai p-value sebesar [1.97405], standar error untuk LOG(IMPORBRG(-1)) atau log pada impor barang atas dasar harga konstan sebesar (0.03382) dengan nilai p-value sebesar [-0.87408], standar error untuk LOG(NAKER(-1)) atau log pada jumlah tenaga kerja sebesar (0.05522) dengan nilai p-value sebesar [2.46599], standar error untuk C atau konstanta sebesar (0.80723) dengan nilai p-value sebesar [-0.14800], dan standar error untuk GT atau indeks query dari Google Trend yang berperan sebagai variabel eksogen sebesar (3.2E-05) dengan nilai p-value sebesar [-1.02161].

Dengan spesifikasi VAR(1) dimana variabel eksogen nilai indeks query dari Google Trends (dengan kata kunci “Pertumbuhan ekonomi”, “ekonomi”, “kondisi ekonomi”, “industri pengolahan”, “PDRB”; dimana nilai google trend tersebut merupakan dari indeks query dari kata kunci dari bulanan diubah menjadi triwulanan), selanjutnya untuk stabilitas koefisien VAR(1) dapat dilihat pada Gambar 2, sebagai berikut:



Gambar 2. Stabilitas Koefisien VAR(1).

Berdasarkan Gambar 2 tersebut, dapat dilihat bahwa semua titik tidak ada yang keluar lingkaran atau titik-titik tersebar didalam lingkaran, maka dapat disimpulkan bahwa koefisien VAR(1)-X sudah stabil.

4.6 Bayesian VAR

Kemudian dilakukan estimasi bayesian VAR dengan menggunakan koefisien VAR(1)-X, dengan menggunakan prior Normal-Wishart hasil estimasi dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut:

Tabel 11. Estimasi Bayesian VAR(1)-Eksogen

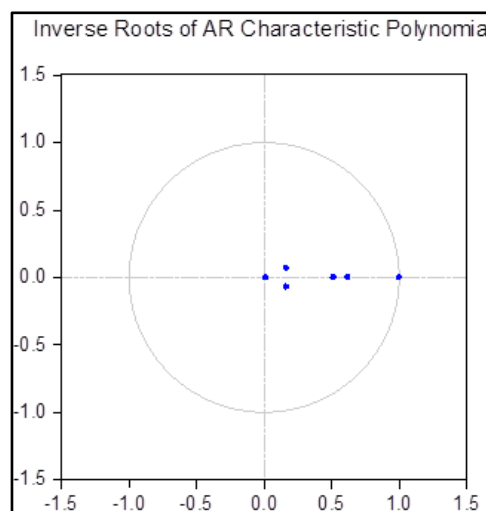
	LOG(PDRBRIIL)	LOG(KONS_RIIL)	LOG(IBS)	LOG(EXPORBRG)	LOG(IMPORBRG)	LOG(NAKER)
LOG(PDRBRIIL(-1))	0.429709 (0.46332) [0.92746]	0.354618 (0.46313) [0.76569]	0.156134 (0.47092) [0.33155]	0.159592 (0.48417) [0.32962]	-0.099192 (0.50907) [-0.19485]	0.158164 (0.46821) [0.33780]
LOG(KONS_RIIL(-1))	0.336316 (0.44652) [0.75319]	0.466770 (0.44634) [1.04576]	-0.154319 (0.45385) [-0.34002]	0.134605 (0.46662) [0.28847]	0.142844 (0.49062) [0.29115]	0.136873 (0.45124) [0.30333]
LOG(IBS(-1))	0.056720 (0.38573) [0.14704]	-0.119135 (0.38558) [-0.30897]	0.362432 (0.39207) [0.92441]	0.022885 (0.40309) [0.05677]	-0.101103 (0.42383) [-0.23855]	-0.020061 (0.38981) [-0.05146]
LOG(EXPORBRG(-1))	0.138340 (0.36404) [0.38002]	0.087698 (0.36389) [0.24100]	0.127379 (0.37001) [0.34425]	0.334310 (0.38042) [0.87879]	0.152997 (0.39999) [0.38251]	0.068774 (0.36788) [0.18695]
LOG(IMPORBRG(-1))	-0.049669 (0.26613) [-0.18663]	0.006371 (0.26603) [0.02395]	-0.032709 (0.27050) [-0.12092]	0.024902 (0.27811) [0.08954]	0.477625 (0.29242) [1.63338]	0.138021 (0.26894) [0.51320]
LOG(NAKER(-1))	0.182977 (0.41072) [0.44551]	0.136377 (0.41055) [0.33218]	0.124118 (0.41746) [0.29732]	0.369793 (0.42920) [0.86159]	0.437894 (0.45128) [0.97035]	0.397687 (0.41505) [0.95816]
C	-0.011527 (0.62377)	0.038039 (0.62352)	-0.055543 (0.63401)	0.034794 (0.65184)	0.139365 (0.68536)	0.021391 (0.63035)

	[-0.01848]	[0.06101]	[-0.08761]	[0.05338]	[0.20334]	[0.03393]
GT	6.06E-05	-3.90E-05	8.63E-05	9.45E-06	-0.000221	-2.59E-05
	(0.00034)	(0.00034)	(0.00035)	(0.00036)	(0.00037)	(0.00034)
	[0.17786]	[-0.11452]	[0.24910]	[0.02653]	[-0.58987]	[-0.07519]
R-squared	0.991199	0.990462	0.818155	0.870787	0.512993	0.923730
Adj. R-squared	0.989830	0.988978	0.789868	0.850688	0.437237	0.911866
Sum sq. resids	0.019865	0.015282	0.101962	0.215193	0.431179	0.076470
S.E. equation	0.021010	0.018428	0.047601	0.069152	0.097886	0.041223
F-statistic	723.9789	667.5495	28.92332	43.32330	6.771599	77.85845
Mean dependent	18.28324	17.75393	5.455980	17.03223	17.82508	14.69884
S.D. dependent	0.208335	0.175529	0.103841	0.178962	0.130485	0.138857

Berdasarkan Tabel 11 tersebut, diketahui pada model LOG(PDRBRIIL) berdasarkan bayesian VAR(1)-eksogen bahwa indikator PDRBRIIL berpengaruh secara signifikan terhadap konsumsi rumah tangga, indeks produksi besar sedang, ekspor barang, jumlah tenaga kerja dan indeks query dari Google Trend tetapi berkontribusi kecil terhadap impor barang. Pada model PDRBRIIL berdasarkan estimasi bayesian VAR-X diketahui standar error untuk LOG(PDRBRIIL(-1)) sebesar (0.46332) dengan nilai p-value sebesar [0.92746], standar error untuk LOG(KONS_RIIL(-1)) sebesar (0.44652) dengan nilai p-value sebesar [0.75319], standar error untuk LOG(IFS(-1)) sebesar (0.38573) dengan nilai p-value sebesar [0.14704], standar error untuk LOG(EXPORBRG(-1)) sebesar (0.36404) dengan nilai p-value sebesar [0.38002], standar error untuk LOG(IMPORBRG(-1)) sebesar (0.26613) dengan nilai p-value sebesar [-0.18663], standar error untuk LOG(NAKER(-1)) sebesar (0.41072) dengan nilai p-value sebesar [0.44551], standar error untuk C atau konstanta sebesar (0.62377) dengan nilai p-value sebesar [-0.01848], dan standar error untuk indeks query dari Google Trend yang berperan sebagai variabel eksogen sebesar (0.00034) dengan nilai p-value sebesar [0.17786]. Secara berturut-turut menjelaskan keberagaman (R-Squared) estimasi Bayesian VAR(1)-Eksogen dari PDRBRIIL sebesar 99,1%, KONSRIIL sebesar

99%, IBS sebesar 81,8%, EXPOR BRG sebesar 87%, IMPOR BRG sebesar 51,3%, dan NAKER sebesar 92,4%.

Setelah melakukan estimasi bayesian VAR, selanjutnya akan dilihat stabilitas koefisien bayesian VAR atau kelayakan model bayesian VAR pada Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Stabilitas Bayesian VAR(1)-Eksogen.

Berdasarkan Gambar 3 tersebut, dapat dilihat sebaran dari titik-titik tidak ada yang keluar lingkaran, maka dapat disimpulkan bahwa koefisien bayesian VAR(1)-eksogen sudah stabil.

4.7 Evaluasi Peramalan

Dengan melihat nilai MAPE yang merupakan suatu analisis statistik yang digunakan untuk mengukur keakuratan suatu model statistik dalam melakukan

peramalan, nilai MAPE engan metode bayesian VAR-X dapat dilihat pada Tabel 12 sebagai berikut:

Tabel 12. Evaluasi Peramalan Bayesian VAR-X

Variable	Inc. obs.	RMSE	MAE	MAPE	Theil
EXPORBRG	54	2052792.	1693852.	7.043082	0.040633
IBS	54	14.80852	12.18613	5.231633	0.031523
IMPORBRG	54	6436112.	5041142.	9.738796	0.058363
KONS_RIIL	54	2123455.	1646527.	3.058039	0.020412
NAKER	54	133090.9	107504.0	4.750121	0.027387
PDRBRIIL	54	5019136.	3914872.	4.290119	0.028187

Berdasarkan Tabel 12 tersebut, dapat dilihat nilai MAPE untuk peramalan Bayesian VAR-X pada semua indikator yang digunakan yaitu EXPORBRG, IBS, IMPORBRG, KONS_RIIL, NAKER, PDRBRIIL $< 10\%$ yang berarti bahwa selisih rata-rata peramalan dengan nilai hasil sebenarnya $< 10\%$. Berdasarkan kriteria MAPE jika nilai MAPE $< 10\%$, maka kemampuan peramalan metode bayesian VAR-X sangat baik. Sehingga dapat dikatakan pada penelitian ini kemampuan peramalan menggunakan bayesian VAR-X sangat baik.

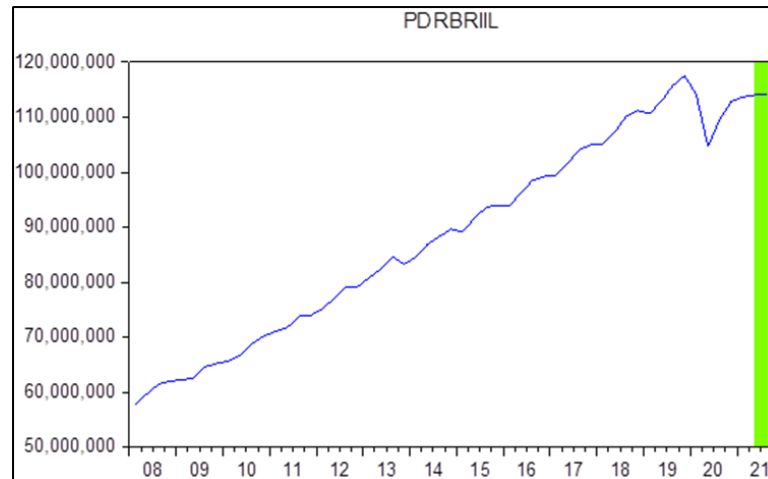
4.8 Peramalan Bayesian VAR-X

Selanjutnya didapatkan nilai forecast pertumbuhan ekonomi dengan beberapa indikator menggunakan bayesian VAR-X untuk 2021Q3 pada Tabel 13 sebagai berikut:

Tabel 13. Hasil Peramalan

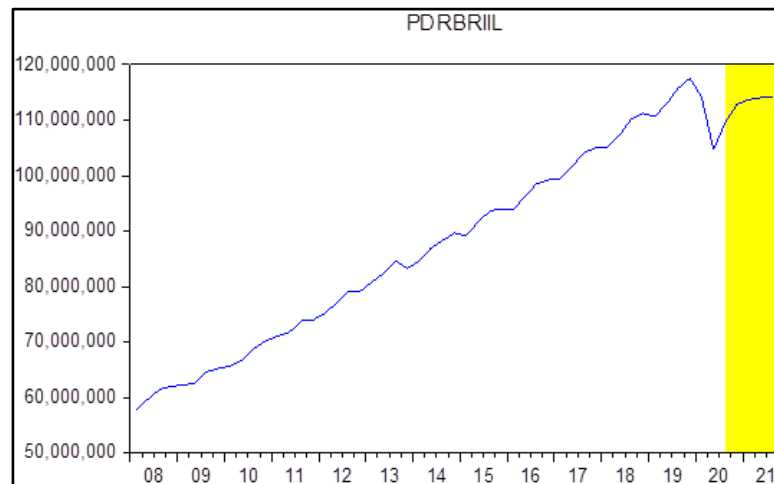
Indikator	Hasil Forecast
PDRBRIIL 2021Q3	114250756.4091352
KONS_RIIL 2021Q3	64944569.41965951
EXPORBRG 2021Q3	31169166.93288973
IMPORBRG 2021Q3	63113653.11798764
IBS 2021Q3	260.4791835775795
NAKER 2021Q3	2872617.255642886

Berdasarkan Tabel 13 tersebut, yang merupakan nilai peramalan bayesian VAR-X dapat dilihat perkiraan dari indikator-indikator pertumbuhan ekonomi di Provinsi Banten dengan prior wishart dan indeks query dari Google Trend sebagai variabel eksogen akan mengalami kenaikan. Sehingga dapat dikatakan pertumbuhan ekonomi Provinsi Banten berdasarkan perkiraan bayesian-VAR akan mengalami kenaikan pada 2021Q3. Hal ini sejalan dengan indikator-indikator yang mempengaruhi keadaan ekonomi di Banten seperti produk domestik regional bruto atas dasar harga konstan, konsumsi rumah tangga atas dasar harga konstan, indeks produksi industri besar sedang, nilai ekspor atas dasar harga konstan dan impor atas dasar harga konstan, serta jumlah tenaga kerja di Provinsi Banten yang merupakan komponen pengurang pada PDRB pengeluaran. Adapun visualisasi peramalan PDRB Provinsi Banten 2021Q3 secara Q-on-Q (quarter on quarter) pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Visualisasi Data Peramalan PDRBRIIL Q-on-Q.

Berdasarkan Gambar 4 tersebut, dapat dilihat bahwa nilai hasil peramalan PDRBRIIL atau produk domestik regional bruto atas dasar harga konstan periode triwulan 3 tahun 2021 secara Q-on-Q yang dihitung terhadap periode triwulan 2 tahun 2021 ditandai dengan shade area berwarna hijau cenderung akan mengalami sedikit kenaikan, dimana kenaikan tersebut bernilai dibawah 1% yaitu 0,22%. Yang berarti selama satu quarter produk domestik regional bruto atas dasar harga konstan di Provinsi Banten akan mengalami kenaikan sebesar 0,22%, hal ini di dorong oleh beberapa faktor yang mempengaruhi produk domestik regional bruto atas dasar harga konstan selama satu quarter. Faktor-faktor tersebut seperti konsumsi rumah tangga, jumlah ekspor barang, jumlah impor barang, inflasi, dan konsumsi pemerintah yang mengalami kenaikan selama satu quarter sehingga produk domestik regional bruto atas dasar harga konstan di Provinsi Banten pun mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan yang dialami oleh faktor-faktor yang mempengaruhinya. Adapun visualisasi peramalan PDRB Provinsi Banten 2021Q3 secara Y-on-Y (year on year) pada GAMBAR 5 sebagai berikut:



Gambar 5. Visualisasi Data Peramalan PDRBRIIL Y-on-Y.

Berdasarkan Gambar 5 tersebut, dapat dilihat bahwa nilai hasil peramalan PDRBRIIL periode triwulan 3 tahun 2021 secara Y-on-Y yang dihitung terhadap periode triwulan 3 tahun 2020 ditandai dengan shade area berwarna kuning cenderung akan mengalami sedikit kenaikan, dimana kenaikan tersebut bernilai dibawah 5% yaitu sebesar 4,26%. Yang berarti selama satu tahun produk domestik regional bruto atas dasar harga konstan di Provinsi Banten akan mengalami kenaikan sebesar 4,26%. Sama halnya seperti pertumbuhan produk domestik regional bruto atas dasar harga konstan secara Q-on-Q yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, pertumbuhan produk domestik regional bruto atas dasar harga konstan secara Y-on-Y juga dipengaruhi oleh faktor-faktor yang sama. Seiring dengan meningkatnya faktor-faktor yang mempengaruhi tersebut selama satu tahun yang dihitung terhadap periode triwulan 3 tahun 2020 seperti kenaikan pada konsumsi rumah tangga, jumlah ekspor barang, jumlah impor barang, inflasi, dan

konsumsi pemerintah sehingga produk domestik regional bruto atas dasar harga konstan di Provinsi Banten selama satu tahun ikut mengalami kenaikan

Dari kedua visualisasi data peramalan PDRBRIIL 2021Q3 pada Gambar 4 dan Gambar 5 tersebut, yang berarti baik secara Q-on-Q maupun secara Y-on-Y PDRB Provinsi Banten akan mengalami kenaikan. Hal ini di dorong oleh pandemi COVID-19 yang masih berlanjut sehingga PDRB di Provinsi Banten sudah menunjukkan perbaikan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan nilai evaluasi forecast yang menggunakan nilai MAPE sebesar $\leq 10\%$ yang berarti hasil peramalan sangat akurat menunjukkan bahwa penggunaan metode Bayesian VAR-X untuk meramalkan pertumbuhan ekonomi di Provinsi Banten sangat baik.
2. PDRBRIIL 2021Q3 sebesar 114250756.409 yang berarti nilai PDRB mengalami pertumbuhan sebesar 0,22% untuk Q-on-Q dan mengalami pertumbuhan sebesar 4,26% untuk Yo-on-Y. Hasil ini penelitian ini menunjukkan bahwa baik menurut Q-on-Q maupun Y-on-Y pertumbuhan ekonomi Banten akan mengalami pertumbuhan, setelah pada awal tahun 2020 mengalami penurunan akibat pandemi Covid-19.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan tersebut, adapun saran-saran yang dapat di berikan yaitu:

1. Pemerintah maupun pengambil kebijakan yang ada di Provinsi Banten dapat mengambil kebijakan yang lebih tepat untuk melakukan perbaikan ekonomi sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan perekonomian di Provinsi Banten.

2. Pemerintah perlu meningkatkan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang merupakan salah satu indikator penting dimana dalam upaya meningkatkan PDRB pemerintah perlu meningkatkan juga faktor yang mempengaruhi PDRB seperti pendapatan asli daerah, inflasi, penanaman modal asing, pengeluaran pemerintah daerah dan jumlah tenaga kerja di Provinsi Banten dalam upaya meningkatkan pertumbuhan ekonomi pertumbuhan ekonomi, serta meningkatkan jumlah ekspor, jumlah impor barang dan indeks produksi industri besar sedang guna meningkatkan perekonomian di Provinsi Banten ditengah pandemi Covid-19.
3. Penelitian selanjutnya dapat menerapkan metode Bayesian VAR dengan lebih mempertimbangkan indikator-indikator yang berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi serta dapat lebih baik dalam menentukan priornya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, H. 2017. Pengaruh Inflasi terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *ejournal.unesa*. **3**(5).
- Dalimunte, D. Y. 2017. Analisis Peramalan Data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Sebagai Tolak Ukur Kinerja Perekonomian Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Integrated Journal of Business and Economics (IJBE)*. **1**(1).
- Granger, C. W. J. 1969. Investigating Causal relations by Econometric Model and Cross Spectral Methods. *Econometrica*. **3**(37): 424-438.
- Huang, Y. F. 2012. Forecasting Chinese Inflation and Output A Bayesian Vector Autoregressive Approach. *MPRA*. Paper No.41933.
- Khim, V & Liew, S. 2004. Which Lag Length Selection Criteria Should We Employ. *Economics Bulletin*. **3**:. 1–9.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V. E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. 2nd Edition. Terjemahan Ir. Untung Sus Ardiyanto, M.Sc., & Ir. Abdul Basith, M.Sc. Erlangga, Jakarta.
- Mona, N. 2020. Konsep Isolasi Dalam Jaringan Sosial Untuk Meminimalisasi Efek Contagious (Kasus Penyebaran Virus Corona di Indonesia). *Jurnal Sosial Humaniora Terapan*. **2**(2): 117-125.
- Sacakli-Sacildi, Irem. 2015. Do BVAR Models Forecast Turkish GDP Better Than UVAR Models. *British Journal of Economics, Management and Trade*. **7**(4): 259-268
- Sims, C. A. 1980. Macroeconomics and Reality. *Econometrica*. **1**(48): 1-48.
- Situmorang, T. M., Hariyati, S., Tumanggor, I.A., Risulyna, B., & Filzah, H. 2015. *Metode Analisis Data Time Series Analisis Vector Auto Regression dan Granger Causality*. Universitas Sumatera Utara, Medan.

Soemartini. 2011. Menentukan Model Ekonomi Berstruktur Melalui Analisis Vector Auto Regression (VAR) dalam Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Periode 1996-2009. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.

Sukirno, S. 2008. *Mikroekonomi: Teori Pengantar*. Edisi Ketiga. PT Raja Grafindo, Jakarta.

Tambunan, T. T. H. 2003. *Perekonomian Indonesia Beberapa Masalah Penting*. Ghalia Indonesia, Jakarta.

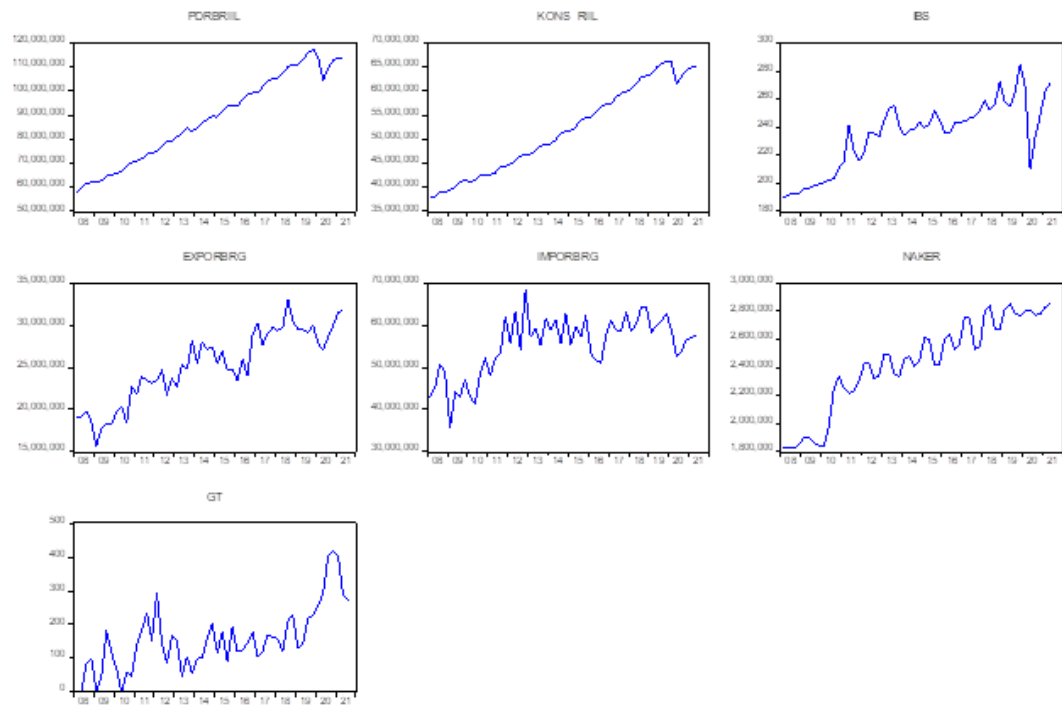
LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penelitian

Periode	PDRBRIL	KONS_RIIL	EXPORBRG	IMPORBRG	IBS	GT
2008Q1	57839767	37772284	19167732	42881603	189.7298	0
2008Q2	59718811	38119273	19140624	45181359	191.6979	0
2008Q3	61464965	38910930	19826672	50616464	192.8308	84
2008Q4	62006409	39053571	18498957	48972173	192.7729	100
2009Q1	62239291	39336703	15628534	35723101	196.2022	0
2009Q2	62590346	39980804	17777883	44168565	196.2316	48
2009Q3	64681935	41080309	18217518	42959388	197.8024	181
2009Q4	65238958	41519848	18209369	46954942	199.114	115
2010Q1	65686470	41026172	19636643	42933228	200.2793	68
2010Q2	66784956	41494285	20377784	41289258	202.2255	0
2010Q3	68796862	42615757	18377393	48741478	202.9034	59
2010Q4	70196996	42540596	22797226	52325184	210.6376	47
2011Q1	71058168	42585235	21845120	47941453	214.7646	140
2011Q2	71751439	42947647	23931377	52051154	241.6147	181
2011Q3	73768441	44100776	23493749	53262676	223.3591	234
2011Q4	73967790	44370298	23147833	62152598	215.495	151
2012Q1	75151019	44771902	23420159	55617860	221.7659	292
2012Q2	77008188	45452904	24687900	63334183	235.9367	147
2012Q3	79144631	46477591	21766862	54273474	235.8896	84
2012Q4	79081755	46682963	23659349	68397722	232.6107	166
2013Q1	80832323	46925174	22748888	57235460	244.7297	154
2013Q2	82342847	47549286	25406517	59351472	252.8547	45
2013Q3	84623776	48549613	24802778	55286240	255.6867	105
2013Q4	83300161	48990690	28168626	61553777	240.4222	54
2014Q1	84508560	48985748	25530675	59068385	234.3155	99
2014Q2	86903752	49851530	28027079	61389034	237.9005	100
2014Q3	88295123	51268223	27080751	55732297	237.8053	159
2014Q4	89643793	51611143	27490306	62864228	243.8456	204
2015Q1	89195967	51668366	25478930	55320116	239.2857	115
2015Q2	91557991	52529003	26903989	59630678	242.4921	177
2015Q3	93615552	54004787	24667929	57234572	251.2703	91
2015Q4	94007693	54448411	24748037	62219522	245.667	194
2016Q1	93791487	54558213	23452128	53236040	236.1843	120
2016Q2	96301265	55555530	25951127	51738149	235.334	125
2016Q3	98515327	56780168	24054043	51091686	242.7235	144
2016Q4	99227010	57218060	28852531	57539664	243.0633	177
2017Q1	99374696	57449988	30315308	61068450	244.23	106
2017Q2	1.02E+08	58639448	27693276	58889945	246.1	119
2017Q3	1.04E+08	59569853	28933398	58673576	247.13	171
2017Q4	1.05E+08	59831868	29737412	63115827	251.97	163
2018Q1	1.05E+08	60322337	29381253	58564745	258.63	157
2018Q2	1.07E+08	61650094	29730981	60159886	252.01	121
2018Q3	1.1E+08	62781384	33104131	64202076	256.6592	211
2018Q4	1.11E+08	63138549	30477411	64178138	271.9939	228
2019Q1	1.11E+08	63465119	29572073	58492918	257.61	130
2019Q2	1.13E+08	64875070	29552226	59700028	254.6804	143

2019Q3	1.16E+08	65740295	29074136	61026630	264.6938	218
2019Q4	1.17E+08	66070293	30007276	62805997	284.4583	228
2020Q1	1.14E+08	66108502	27828903	59027213	269.3345	256
2020Q2	1.05E+08	61422639	27090463	52556779	210.4797	291
2020Q3	1.1E+08	63078950	28661271	53892343	232.3277	405
2020Q4	1.13E+08	64301074	29942540	56577592	248.1311	419
2021Q1	1.14E+08	64952702	31560334	57181004	265.5705	404
2021Q2	1.14E+08	65033370	31775082	57390705	271.0767	285

Lampiran 2. Output Visualisasi Data



Lampiran 3. Output Hasil Var Uji LLC

Group unit root test: Summary

Series: PDRBRIIL, KONS_RIIL, IBS, EXPORBRG, IMPORBRG, NAKER,
GT

Date: 08/20/21 Time: 22:11

Sample: 2008Q1 2021Q3

Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends

Automatic selection of maximum lags

Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 9

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Method	Statistic	Prob.**	Cross- sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-3.30761	0.0005	7	354
Breitung t-stat	-2.23416	0.0127	7	347
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-4.07271	0.0000	7	354
ADF - Fisher Chi-square	46.6832	0.0000	7	354
PP - Fisher Chi-square	40.4285	0.0002	7	372

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi
-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Lampiran 4. Output Panjang Lag

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: LOG(PDRBRIL) LOG(KONS_RIIL) LOG(IFS) LOG(EXPORBRG)
LOG(IMPORBRG) LOG(NAKER)

Exogenous variables: C GT

Date: 08/20/21 Time: 22:13

Sample: 2008Q1 2021Q3

Included observations: 48

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	464.4803	NA	2.61e-16	-18.85335	-18.38554	-18.67656
1	643.5294	298.4152	6.87e-19	-24.81373	-22.94252*	-24.10660
2	707.3205	90.37076	2.35e-19	-25.97169	-22.69709	-24.73421
3	754.9964	55.62190	1.80e-19	-26.45819	-21.78018	-24.69036
4	803.5127	44.47326	1.68e-19	-26.97970	-20.89829	-24.68153
5	866.0022	41.65962	1.34e-19	-28.08342	-20.59862	-25.25490
6	990.2612	51.77460*	1.96e-20*	-31.76088*	-22.87268	-28.40202*

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Lampiran 5. Estimasi Var

Vector Autoregression Estimates

Date: 08/20/21 Time: 22:14

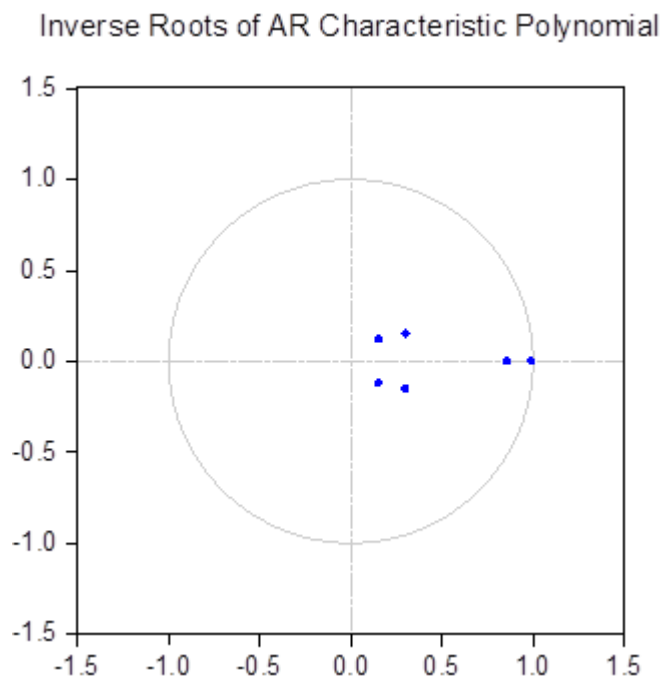
Sample (adjusted): 2008Q2 2021Q2

Included observations: 53 after adjustments

Standard errors in () & t-statistics in []

	LOG(PDRBRIIL(-1))	LOG(KONS_RIIL(-1))	LOG(IBS(-1))	LOG(EXPORBRG(-1))	LOG(IMPORBRG(-1))
LOG(PDRBRIIL(-1))	1.135434 (0.22962) [4.94484]	0.414721 (0.18919) [2.19211]	1.684566 (0.58889) [2.86056]	1.391282 (0.93028) [1.49555]	1.66 (1.1) [1.4]
LOG(KONS_RIIL(-1))	-0.220691 (0.22715) [-0.97155]	0.510283 (0.18716) [2.72652]	-1.698804 (0.58257) [-2.91607]	-1.334260 (0.92029) [-1.44983]	-2.09 (1.1) [-1.8]
LOG(IBS(-1))	-0.225020 (0.06661) [-3.37821]	-0.135118 (0.05488) [-2.46203]	0.081650 (0.17083) [0.47796]	-0.044858 (0.26986) [-0.16623]	0.30 (0.3) [0.8]
LOG(EXPORBRG(-1))	0.078212 (0.03962) [1.97405]	0.064485 (0.03264) [1.97542]	0.073107 (0.10161) [0.71948]	0.458800 (0.16052) [2.85828]	0.19 (0.2) [0.9]
LOG(IMPORBRG(-1))	-0.029558 (0.03382) [-0.87408]	-0.061603 (0.02786) [-2.21103]	-0.003695 (0.08673) [-0.04261]	-0.242093 (0.13700) [-1.76706]	0.01 (0.1) [0.1]
LOG(NAKER(-1))	0.136166 (0.05522) [2.46599]	0.041054 (0.04549) [0.90238]	0.095511 (0.14161) [0.67445]	0.381827 (0.22371) [1.70680]	0.25 (0.2) [0.9]
C	-0.119472 (0.80723) [-0.14800]	1.259419 (0.66509) [1.89360]	1.795340 (2.07026) [0.86721]	6.417407 (3.27042) [1.96226]	15.5 (4.1) [3.7]
GT	-3.29E-05 (3.2E-05) [-1.02161]	-2.38E-05 (2.7E-05) [-0.89529]	-4.87E-06 (8.3E-05) [-0.05894]	6.08E-05 (0.00013) [0.46546]	0.00 (0.0) [0.8]
R-squared	0.994890	0.995113	0.864704	0.886327	0.66
Adj. R-squared	0.994095	0.994353	0.843657	0.868644	0.61
Sum sq. resids	0.011534	0.007830	0.075862	0.189313	0.29
S.E. equation	0.016010	0.013191	0.041059	0.064861	0.08
F-statistic	1251.548	1309.028	41.08614	50.12448	12.6
Log likelihood	148.2647	158.5300	98.34825	74.11430	62.0
Akaike AIC	-5.293006	-5.680376	-3.409368	-2.494879	-2.03
Schwarz SC	-4.995604	-5.382974	-3.111965	-2.197477	-1.74
Mean dependent	18.28324	17.75393	5.455980	17.03223	17.8
S.D. dependent	0.208335	0.175529	0.103841	0.178962	0.13
Determinant resid covariance (dof adj.)		2.51E-19			
Determinant resid covariance		9.41E-20			
Log likelihood		709.7352			
Akaike information criterion		-24.97114			
Schwarz criterion		-23.18672			
Number of coefficients		48			

Lampiran 6. Output Stabilitas Koefisien VAR



Lampiran 7. Output Bayesian Var

Bayesian VAR Estimates

Date: 08/20/21 Time: 22:32

Sample (adjusted): 2008Q2 2021Q2

Included observations: 53 after adjustments

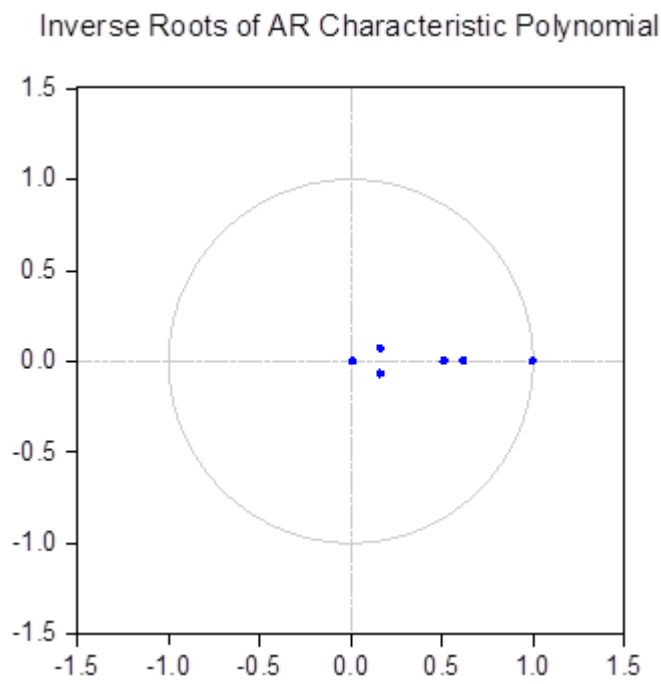
Prior type: Normal-Wishart

Hyper-parameters: Mu: 0, L1: 0.1

Standard errors in () & t-statistics in []

	LOG(PDRBRIIL(-1))	LOG(KONS_RIIL(-1))	LOG(IBS(-1))	LOG(EXPORBRG(-1))	LOG(IMPORBRG(-1))
LOG(PDRBRIIL(-1))	0.429709 (0.46332) [0.92746]	0.354618 (0.46313) [0.76569]	0.156134 (0.47092) [0.33155]	0.159592 (0.48417) [0.32962]	-0.09 (0.5) [-0.1]
LOG(KONS_RIIL(-1))	0.336316 (0.44652) [0.75319]	0.466770 (0.44634) [1.04576]	-0.154319 (0.45385) [-0.34002]	0.134605 (0.46662) [0.28847]	0.14 (0.4) [0.2]
LOG(IBS(-1))	0.056720 (0.38573) [0.14704]	-0.119135 (0.38558) [-0.30897]	0.362432 (0.39207) [0.92441]	0.022885 (0.40309) [0.05677]	-0.10 (0.4) [-0.2]
LOG(EXPORBRG(-1))	0.138340 (0.36404) [0.38002]	0.087698 (0.36389) [0.24100]	0.127379 (0.37001) [0.34425]	0.334310 (0.38042) [0.87879]	0.15 (0.3) [0.3]
LOG(IMPORBRG(-1))	-0.049669 (0.26613) [-0.18663]	0.006371 (0.26603) [0.02395]	-0.032709 (0.27050) [-0.12092]	0.024902 (0.27811) [0.08954]	0.47 (0.2) [1.6]
LOG(NAKER(-1))	0.182977 (0.41072) [0.44551]	0.136377 (0.41055) [0.33218]	0.124118 (0.41746) [0.29732]	0.369793 (0.42920) [0.86159]	0.43 (0.4) [0.9]
C	-0.011527 (0.62377) [-0.01848]	0.038039 (0.62352) [0.06101]	-0.055543 (0.63401) [-0.08761]	0.034794 (0.65184) [0.05338]	0.13 (0.6) [0.2]
GT	6.06E-05 (0.00034) [0.17786]	-3.90E-05 (0.00034) [-0.11452]	8.63E-05 (0.00035) [0.24910]	9.45E-06 (0.00036) [0.02653]	-0.00 (0.0) [-0.5]
R-squared	0.991199	0.990462	0.818155	0.870787	0.51
Adj. R-squared	0.989830	0.988978	0.789868	0.850688	0.43
Sum sq. resids	0.019865	0.015282	0.101962	0.215193	0.43
S.E. equation	0.021010	0.018428	0.047601	0.069152	0.09
F-statistic	723.9789	667.5495	28.92332	43.32330	6.77
Mean dependent	18.28324	17.75393	5.455980	17.03223	17.8
S.D. dependent	0.208335	0.175529	0.103841	0.178962	0.13

Lampiran 8. Output Stabilitas Koefisien Bayesian Var



Lampiran 9. Output Evaluasi Peramalan Bayesian VAR

Forecast Evaluation

Date: 08/20/21 Time: 22:35

Sample: 2008Q1 2021Q3

Included observations: 55

Variable	Inc. obs.	RMSE	MAE	MAPE	Theil
EXPORBRG	54	2052792.	1693852.	7.043082	0.040633
IBS	54	14.80852	12.18613	5.231633	0.031523
IMPORBRG	54	6436112.	5041142.	9.738796	0.058363
KONS_RIIL	54	2123455.	1646527.	3.058039	0.020412
NAKER	54	133090.9	107504.0	4.750121	0.027387
PDRBRIIL	54	5019136.	3914872.	4.290119	0.028187

RMSE: Root Mean Square Error

MAE: Mean Absolute Error

MAPE: Mean Absolute Percentage Error

Theil: Theil inequality coefficient

Lampiran 10. Output Hasil Peramalan Bayesian VAR-X

	PDRBRIIL_FN	KONS_RIIL_FN	EXPORBRG_FN	IMPORBRG_FN	IBS_FN	NAKER_FN
2008Q1						
2008Q2	60557913.99220159	37651535.75539878	18458126.24945914	44069851.80432222	199.2450392414509	1874447.09983476
2008Q3	62069260.58955339	37880151.56240881	18576328.09621478	43632137.83222324	205.3415797422751	1902899.711881375
2008Q4	63287912.55417589	38257140.59352742	18820266.89021238	43399049.01707644	209.1189573016368	1919644.005101668
2009Q1	63945117.57016964	38856792.71292357	19035589.54561301	44409212.53679238	209.6231749125653	1939513.133601912
2009Q2	64913573.06158489	39298822.41147653	19273771.03172893	44747492.95315034	210.9274686692571	1960033.029976664
2009Q3	66354016.47696632	39585001.61175998	19536865.55602648	43872409.73711736	214.5373857633098	1972704.85709397
2009Q4	67213393.54168466	40129664.76608001	19746397.44437614	44188901.46776672	215.8142963160466	1985773.498203999
2010Q1	67884803.99139519	40693429.53728973	19940302.52174352	45010213.22369536	215.8009466449098	2004439.020189183
2010Q2	68360710.1432823	41306268.28782286	20140812.34949626	46400632.31191352	214.7915577330918	2028999.566544727
2010Q3	69285784.79700789	41739886.66742059	20387692.46892465	46879927.39723966	215.6454650405513	2052359.393207149
2010Q4	70126092.2367631	42257795.73314953	20635679.66625722	47550054.59394129	216.4071845987525	2074220.187521308
2011Q1	71404932.70046784	42621827.05547177	20902697.46330827	47215142.09624042	218.9483647020595	2091129.373270794
2011Q2	72659236.63816414	43033461.71605035	21151185.45329591	46808060.98700323	221.6234940218517	2103448.136398588
2011Q3	73960965.72365965	43419423.16418654	21379973.72967029	46201329.5837202	224.4624901858638	2112738.110661977
2011Q4	74649474.26303716	44016091.08685476	21561275.06047939	46848395.05840495	224.729498746665	2126764.119637088
2012Q1	76071911.1724074	44269667.86792986	21784321.59560972	45947939.80590265	227.7570572865736	2136974.570708892
2012Q2	76474277.84275428	44932915.45498436	21947224.08539228	47065514.66347356	227.0605083093211	2152400.859272321
2012Q3	76813671.56899735	45540100.17184701	22121894.54655757	48576360.78951663	225.4850476193533	2176758.141617056
2012Q4	77786072.367222	45901130.14213415	22360475.43005754	48834394.59441843	226.5125042927472	2198491.053470456
2013Q1	78617376.50010789	46381123.74663024	22595435.54779338	49354471.03719057	227.3712100725761	2217723.340957606
2013Q2	78947209.12890659	47063255.3211782	22802736.50521623	51092161.58115419	226.0302387814122	2243368.606155589
2013Q3	79873103.86678812	47500718.14081711	23060287.77179764	51707506.19357314	226.6851983958198	2268638.874052933
2013Q4	80530994.20747915	48107231.94723631	23312685.11533701	52936025.62468473	226.5649277041866	2294311.974870623
2014Q1	81575650.8551452	48579898.24276812	23589762.56495199	53410274.78514877	227.7072726060986	2318167.021145799
2014Q2	82581654.94211761	49117215.80012353	23862482.83406368	53946295.57147411	228.8280107770794	2340077.297797731
2014Q3	83883142.20780726	49558701.16926599	24142750.88210321	53810094.34413982	230.9874469316346	2358229.946552292
2014Q4	85248392.58184755	50002181.10553635	24410724.1973969	53423986.76109129	233.5137488825094	2372116.323545488
2015Q1	85942908.67346195	50696151.15869875	24628104.8050627	54451685.53277431	233.4618400052283	2391073.813825362
2015Q2	87120151.3006271	51149496.39309315	24878430.74431033	54529712.39279515	234.8442961477594	2410215.600130066
2015Q3	87710049.39570998	51850707.63544658	25104782.68229811	55856911.51835398	234.3045754232809	2433327.899942623
2015Q4	89071043.38103816	52228123.17792295	25382110.57596597	55623000.09427195	236.3186875353889	2452986.918221978
2016Q1	89809415.5380087	52898165.91313962	25623726.39195924	56644139.00077546	236.4454145766365	2474048.564397076
2016Q2	90724685.71605972	53468897.96618326	25878007.6721307	57426956.83747785	236.8288879520231	2497595.81994238
2016Q3	91785763.83043762	54001715.23605816	26149204.39358552	57910224.80472255	237.8111032443854	2519894.941971452
2016Q4	93007148.64950165	54498143.77906905	26427274.1225479	58028711.04051209	239.4314360387607	2539289.229949185
2017Q1	93717014.10713296	55206104.34559209	26672814.95485927	59257055.38639586	239.244159807983	2562514.399611739
2017Q2	94683193.33309316	55788430.74458206	26941850.90198448	60074657.36263338	239.6408357843499	25897575.961404204
2017Q3	95987658.35572449	56270954.4588288	27237054.99938216	60146554.25795344	241.3522931930249	2608931.69747198
2017Q4	97111016.33634566	56859909.14903579	27514066.653163	60552748.74317482	242.5760102703715	2628743.995803537
2018Q1	98172805.63846416	57464664.15506389	27781294.27000689	61113819.19395956	243.4345058322054	2649733.461084821
2018Q2	99019054.59314596	58144986.71713742	28040924.63785513	62186207.16134805	243.4723212773052	2674036.572871589
2018Q3	100536147.9254742	58563890.98073419	28343344.19698232	61855050.67209509	245.6971803757273	2693643.947554563
2018Q4	101910804.3235554	59087362.69661748	28625810.26706069	61677899.56456681	247.7890771361816	2708962.541841022
2019Q1	102515907.3901913	59884965.61510194	28854984.49307548	63134899.34853859	247.1513511916639	2731473.906491041
2019Q2	103458545.0523866	60494947.87639928	29119373.293316	64070609.28372936	247.2310175058566	2757680.548024361
2019Q3	104936555.1467049	60932515.19484978	29426370.43813422	63849398.09397448	249.2966720861742	2777998.925910653
2019Q4	106263219.8321723	61477951.32463996	29711809.83454272	63832747.56315754	251.1335775310003	2794625.814603018
2020Q1	107648266.9935067	61990738.10359676	29982358.0127148	63645617.64342725	253.0601826160205	2809575.961404204
2020Q2	109088427.6016048	62469727.48246748	30241941.64828531	63247042.56682666	255.2059144190522	2822149.455420226
2020Q3	111071044.5697004	62731156.91489369	30509371.5119025	61624797.59367895	259.2296504358525	2826484.411635072
2020Q4	112599761.8407251	63155538.69761446	30717256.29071158	60631118.66316988	262.1513239036568	2827540.090419736
2021Q1	113695356.3676091	63649287.73426311	30877627.7906445	60342361.87353658	263.5455487330401	2832125.574122036
2021Q2	113822805.6957204	64400135.31470615	30995548.63601044	61878089.94466308	261.7027352358444	2848932.792397165
2021Q3	114250756.4091352	64944569.41965951	31169166.93288973	63113653.11798764	260.4791835775795	2872617.255642886