

# **SIMULTANITAS ANTARA PEMBANGUNAN EKONOMI DAN PEMBANGUNAN MANUSIA DI SUMATERA**

## *Simultaneity between Economic Development and Human Development in Sumatra*

M Irsyad Ilham \*, Nizaruddin\*\*

\* BPS Kabupaten Sukamara, Provinsi Kalimantan Tengah, *E-mail*: irsyad.ilham@bps.go.id

\*\* BPS Provinsi Sumatera Utara

### **ABSTRAK**

Penelitian bertujuan menganalisis perkembangan ekonomi di Sumatera selama tahun 2014-2020 dengan menggunakan model persamaan simultan dengan data panel. Hasilnya menunjukkan adanya hubungan dua arah antara pembangunan ekonomi dan pembangunan manusia di Sumatera. Pengeluaran pemerintah dan ekspor neto berpengaruh signifikan dan positif terhadap pertumbuhan ekonomi. Konsumsi rumah tangga dan rata-rata lama sekolah berpengaruh signifikan dan positif terhadap indeks pembangunan manusia. Dua faktor penentu pertumbuhan ekonomi Sumatera adalah pengeluaran pemerintah dan ekspor neto. Konsumsi rumah tangga dan rata-rata lama sekolah berpengaruh tidak langsung terhadap pertumbuhan ekonomi.

**Kata Kunci:** pembangunan ekonomi, pembangunan manusia, determinan pertumbuhan, model persamaan simultan

### **ABSTRACT**

*This paper aimed to analyze the economic development including its macroeconomic variables in Sumatra during 2014-2020 by using simultaneous equation model with panel data. The results showed the existence of two-way relationship between economic and human development in Sumatra. The government spending and net export have significant and positive impact on economic growth. Household consumption and mean years schooling have significant and positive impact on Human Development Index in Sumatra. In brief, two determinants of economic growth of Sumatra are government spending and net export. Meanwhile, household consumption and mean years schooling have the indirect effect on economic growth.*

*Keywords:* economic development, human development, growth's determinants, simultaneous equation model

## **I. PENDAHULUAN**

Pembangunan ekonomi merupakan suatu usaha untuk mengubah perekonomian yang kurang maju, berpendapatan rendah, dan bersifat tradisional menjadi perekonomian yang lebih maju dengan tingkat kemakmuran yang tinggi dan modern. Pembangunan ekonomi merujuk kepada pertumbuhan ekonomi yang diikuti dengan adanya perubahan distribusi *output* yang diproduksi di suatu negara dan perubahan dalam struktur ekonomi. Esensi dari makna pembangunan harus merepresentasikan keseluruhan sistem sosial tanpa mengabaikan keragaman kebutuhan dasar dan keinginan individual maupun kelompok-kelompok sosial yang ada di dalamnya, untuk bergerak menuju suatu kondisi kehidupan yang serba lebih baik, secara material maupun spiritual (Todaro dan Smith, 2014).

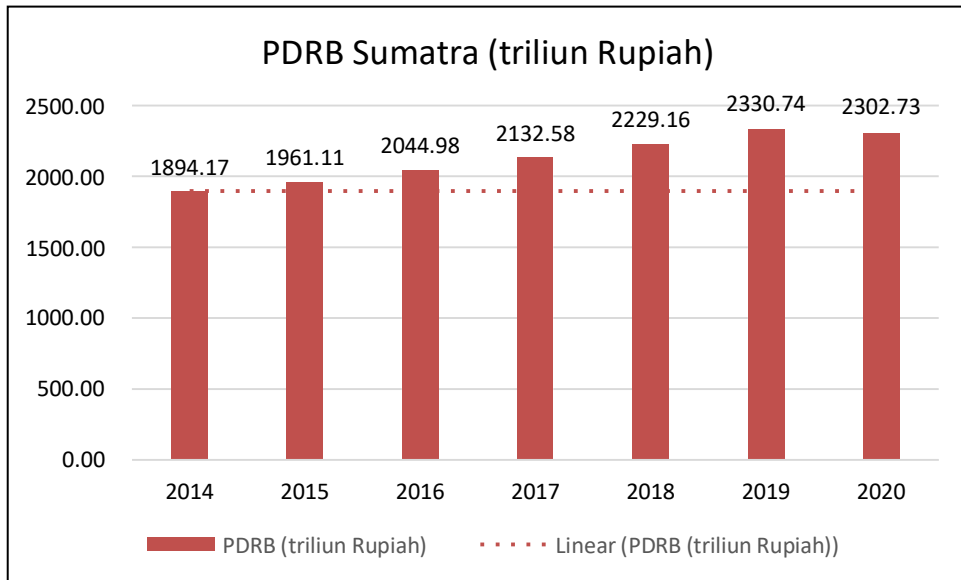
Perekonomian Pulau Sumatera sangat ditopang oleh keberadaan sumber daya alam yang membentang dari Aceh hingga Lampung. Potensi wilayahnya yang sudah terkenal antara lain kelapa sawit, tembakau, minyak bumi, timah, bauksit, batu bara dan gas alam. Potensi-potensi tersebut telah dominan dalam perekonomian Sumatera dari tahun ke tahun. Berdasarkan data BPS, nilai Produk Domestik Regional Bruto secara agregat untuk Sumatera mencapai 2330.74 triliun rupiah pada 2019. Rata-rata pertumbuhan ekonomi Sumatera sejak 2014 sampai dengan 2019 yakni 4.24 persen setiap tahunnya. Kontribusi perekonomian Sumatera untuk nasional mencapai 21 persen, menempati urutan kedua setelah Jawa. Hal ini mengindikasikan perekonomian Sumatera sangat penting untuk menopang perekonomian Indonesia.

Namun demikian, Pada tahun 2020, pandemi COVID-19 telah menyebar dengan kecepatan yang mengkhawatirkan, menginfeksi jutaan orang dan membuat aktivitas ekonomi hampir terhenti. Hal ini disebabkan pembatasan ketat pada mobilitas penduduk untuk menghentikan penyebaran virus. Seiring dengan meningkatnya jumlah korban manusia, kerusakan ekonomi sudah terlihat dan merupakan guncangan ekonomi terbesar yang pernah dialami dunia dalam beberapa dekade (World Bank, 2020)<sup>1</sup>. Indonesia sebagai salah satu negara yang terdampak COVID-19, mengalami perlambatan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi yang berada sekitar 5 persen pada periode sebelumnya, mengalami kontraksi mencapai minus 2.07 persen. Penurunan ini merupakan yang pertama kali sejak krisis ekonomi di tahun 1998.

Perlambatan perekonomian nasional sepanjang tahun 2020, tentu tidak lepas dari kondisi wilayah di Indonesia termasuk Pulau Sumatera. Hal ini wajar mengingat bahwa Sumatera merupakan daerah cukup penting di Indonesia dengan kontribusi ekonomi terbesar kedua setelah Pulau Jawa. Di tahun 2020, PDRB Pulau Sumatera mencapai 3,372 triliun rupiah atau menyumbang hingga 21.36 persen dari total PDB Nasional. Di saat yang sama, perekonomian Sumatera juga terdampak oleh pandemi. Data Badan Pusat Statistik pada Gambar 1 di bawah menunjukkan bahwa pada tahun 2020, terjadi perlambatan ekonomi Sumatera sebesar minus 1.2 persen.

---

<sup>1</sup> <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2020/06/08/the-global-economic-outlook-during-the-covid-19-pandemic-a-changed-world>



**Gambar 1.** Produk Domestik Regional Bruto Sumatera, 2014-2020

Dalam rangka terus memacu pertumbuhan ekonomi, diperlukan sumber-sumber pertumbuhan lain di luar sektor pertanian dan pertambangan dan penggalian. Hal ini juga telah ditangkap oleh beberapa provinsi dengan menysasar pembangunan di sektor pariwisata, jasa, industri pengolahan, agro-industri, sebagaimana yang termaktub dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Provinsi di Sumatera. Oleh karena itu, menjadi suatu hal yang penting untuk ditelusuri faktor-faktor apa saja yang dapat memacu pertumbuhan ekonomi Sumatera.

Dampak pandemi covid-19 menuntut setiap wilayah di Sumatera yang perekonomiannya terdampak untuk mencari cara agar perekonomiannya menjadi tumbuh dan berkembang. Artinya, perlu dilakukan penelitian untuk menelusuri determinan pertumbuhan ekonomi di Sumatera. Untuk itu, penggunaan alat analisis statistika deskriptif dan model regresi persamaan simultan dengan data panel dapat menjawab permasalahan dalam menelusuri determinan pertumbuhan ekonomi di Sumatera. Penelitian ini diharapkan menjadi bahan referensi maupun evaluasi terkait masalah pembangunan ekonomi di Sumatera beserta beberapa faktor yang mempengaruhinya. Jika ternyata faktor-faktor tersebut justru terbukti signifikan dalam mempengaruhi pertumbuhan ekonomi, perlu dilakukan perubahan pola pembangunan ke arah pembangunan yang lebih maju dan berkembang lagi untuk masa yang akan datang.

Penelitian mengenai determinan pertumbuhan ekonomi di Indonesia sudah banyak dilakukan, termasuk yang menggunakan model regresi. Sementara itu, penelitian mengenai determinan pertumbuhan ekonomi Sumatera dengan model persamaan simultan data panel belum ada yang melakukannya. Oleh karena itu, paper ini bertujuan untuk : (1) Memperoleh gambaran umum dari pembangunan ekonomi, pembangunan manusia, dan beberapa variabel

makroekonomi lainnya di Sumatera selama periode 2014-2020; (2) Menentukan apakah terdapat hubungan dua arah yang saling mempengaruhi antara pembangunan ekonomi dan pembangunan manusia di Sumatera; dan (3) Menelusuri determinan pertumbuhan ekonomi di Sumatera.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelusuran mengenai determinan pertumbuhan adalah salah satu penerapan utama dalam teori pertumbuhan. Kebanyakan aplikasi dari studi pertumbuhan empirik mengenai penelitian-penelitian regional masih mengikuti teknik yang sama sebagaimana yang digunakan dalam studi-studi dengan data *cross-section* (Vidyattama, 2010). Model regresi merupakan model yang umum dipakai dalam pencarian determinan pertumbuhan ekonomi. Model regresi mengasumsikan variabel bebas  $X$  akan memberikan pengaruhnya terhadap variabel terikat  $Y$ . Untuk menentukan apakah suatu variabel itu termasuk variabel bebas maupun tidak bebas, salah satunya adalah dengan melakukan kajian teori. Namun demikian, ada kalanya hasil pemodelan regresi tersebut menjadi bias karena adanya mis-spesifikasi dalam menentukan status variabel itu termasuk variabel yang mempengaruhi atau yang dipengaruhi. Untuk itu, model persamaan simultan digunakan untuk mengakomodir hal tersebut. Dengan turut mempertimbangkan adanya keterkaitan dua arah yang saling mempengaruhi dari beberapa variabel, maka bias dapat diminimalisir (Gujarati dan Porter, 2008).

Antara modal manusia dan pertumbuhan ekonomi sebetulnya terdapat hubungan yang saling mempengaruhi. Namun, beberapa literatur yang ada pada umumnya cenderung lebih mengamati pengaruh modal manusia terhadap pertumbuhan ekonomi dan kurang menaruh perhatian pada pengaruh dari pertumbuhan ekonomi terhadap modal manusia (Ramirez, Ranis dan Stewart, 1998). Sejumlah studi mengenai sumber daya manusia yang diungkap dalam Meier dan Rauch (2000) lebih menonjolkan aspek pengaruh dari modal manusia terhadap pertumbuhan ekonomi. Begitu pula dengan studi-studi yang relatif baru lainnya, seperti Kreuger dan Lindahl (2000) yang mengkaji pengaruh pendidikan terhadap pertumbuhan ekonomi.

Dari hasil estimasi empiris dengan data *cross-country* (1970-1992), Ramirez, Ranis dan Stewart (1998) menemukan adanya hubungan positif yang kuat antara pembangunan manusia dan pertumbuhan ekonomi pada kedua jalur. Pengeluaran pemerintah untuk sektor pelayanan sosial dan tingkat pendidikan perempuan terbukti pula mempunyai peran penting sebagai penghubung yang menentukan kekuatan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan pembangunan manusia, sedangkan tingkat investasi dan distribusi pendapatan adalah penguat hubungan antara pembangunan manusia dan pertumbuhan ekonomi.

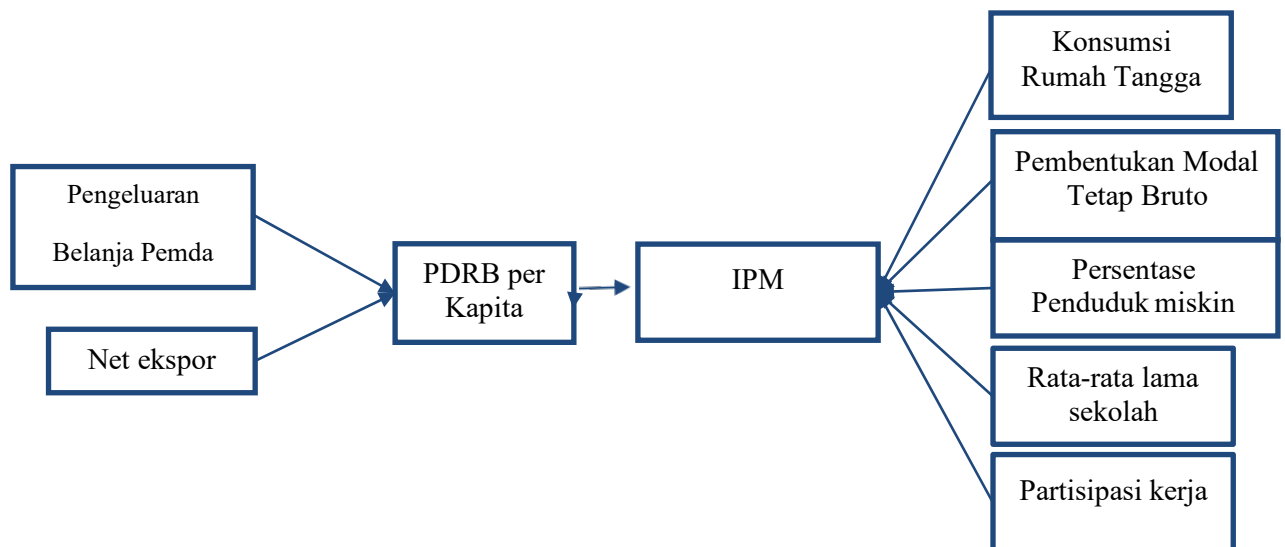
Dalam kasus Sumatera, studi-studi regional yang ada juga lebih menekankan pada determinan pertumbuhan ekonomi dimana kualitas sumber daya manusia merupakan salah satu variabel penjelas. Secara empiris, Garcia dan Soelistianingsih (1998) telah mengestimasi

pengaruh variabel modal manusia (diukur dengan pangsa penduduk berumur 10 tahun ke atas yang berpendidikan tingkat dasar atau menengah), rasio murid terhadap guru (untuk mengukur *coverage* upaya pendidikan dan efisiensi penggunaan sumber daya untuk pendidikan), fertilitas total (jumlah rata-rata anak yang lahir untuk setiap perempuan berumur 15 sampai 49 tahun), selain pangsa sektor minyak dan gas dalam PDRB untuk mengukur ketersediaan sumber daya alam terhadap pertumbuhan ekonomi regional. Temuannya adalah bahwa investasi untuk pendidikan dan kesehatan memang dibutuhkan untuk mengurangi ketimpangan pendapatan regional.

Sedangkan Wibisono (2001) memasukkan variabel-variabel *educational attainment* (diukur dengan tingkat pendidikan yang berhasil ditamatkan), angka harapan hidup (*life expectancy*), tingkat fertilitas (*fertility rate*), tingkat kematian bayi (*infant mortality rate*), laju inflasi dan juga *dummy variable* berupa regional juga terhadap pertumbuhan ekonomi regional. Dari estimasi-estimasi yang dilakukan, diperoleh temuan bahwa variabel yang berpengaruh positif terhadap pertumbuhan adalah pendidikan, angka harapan hidup, dan tingkat kematian bayi. Sedangkan tingkat fertilitas dan laju inflasi memberikan efek negatif terhadap tingkat pertumbuhan pendapatan.

### III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini difokuskan pada penelusuran determinan pertumbuhan ekonomi di Sumatera. Namun karena antara pembangunan ekonomi dan pembangunan manusia terdapat hubungan dua arah yang saling mempengaruhi, maka dilakukan pemodelan dengan menggunakan model persamaan simultan dengan dua persamaan struktural. Adapun variabel endogen dalam penelitian ini ada dua yakni PDRB per kapita dan IPM, sementara variabel eksogen (*predetermined variable*) terdiri dari tujuh variabel. Berdasarkan uraian di atas, kerangka pikir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Kerangka Pikir

Hipotesis-hipotesis dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. PDRB per kapita berpengaruh positif terhadap IPM
2. IPM berpengaruh positif terhadap PDRB per kapita
3. Pengeluaran belanja pemerintah daerah berpengaruh positif terhadap PDRB per kapita
4. Net ekspor berpengaruh positif terhadap PDRB per kapita
5. Pengeluaran konsumsi rumah tangga berpengaruh positif terhadap IPM
6. Pembentukan Modal Tetap Bruto berpengaruh positif terhadap IPM
7. Persentase kemiskinan berpengaruh negatif terhadap IPM
8. Rata-rata lama sekolah berpengaruh positif terhadap IPM
9. Tingkat partisipasi angkatan kerja berpengaruh positif terhadap IPM

Penelitian ini menggunakan data panel dari sepuluh provinsi di Sumatera dengan periode waktu tahun 2014 hingga 2020. Sepuluh provinsi Pulau Sumatera terdiri dari Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu, Lampung, Bangka Belitung, dan Kepulauan Riau. Semua data penelitian diperoleh dari publikasi yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik, meliputi Produk Domestik Regional Bruto (miliar rupiah), Indeks Pembangunan Manusia (IPM), Pengeluaran Konsumsi Rumah Tangga (miliar rupiah), Pembentukan Modal Tetap Bruto (miliar rupiah), Pengeluaran Belanja Pemerintah (miliar rupiah), Ekspor dan Impor (miliar rupiah), Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK), Persentase Kemiskinan (%), dan Rata-Rata Lama Sekolah (tahun).

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif dan analisis inferensia. Analisis deskriptif pada penelitian ini meliputi penyajian melalui tabel dan grafik. Analisis deskriptif dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran umum mengenai Pertumbuhan ekonomi, pembangunan manusia, pengeluaran konsumsi penduduk, pembentukan modal tetap bruto, pengeluaran konsumsi pemerintah, kinerja ekspor-impor di Sumatera tahun 2014-2020. Adapun analisis inferensia berfokus dalam hal analisis keterkaitan simultan (dua arah) antara pembangunan ekonomi dan pembangunan manusia serta faktor-faktor yang mempengaruhinya di Sumatera selama periode 2014-2020.

Penelitian ini merupakan penelitian yang tergolong baru karena menggabungkan antara metode SEM dengan aplikasinya menggunakan data panel. Data panel memiliki keunggulan dalam kemampuannya dalam memberikan penjelasan data yang lebih banyak serta mengakomodir heterogenitas individu.

Menurut Gujarati dan Porter (2008), dalam model persamaan tunggal terdapat satu variabel terikat Y dan beberapa variabel bebas X. Dalam model ini, hubungan yang dijelaskan hanya hubungan satu arah. Tapi, dalam banyak variabel ekonomi, hubungan itu timbal balik. Oleh karena itu, ada hubungan dua arah atau simultan antara X dan Y. Dalam istilah persamaan

simultan, variabel yang disebabkan oleh variabel lain disebut variabel endogen. Selain itu, variabel yang menyebabkan variabel lain disebut sebagai variabel eksogen atau variabel yang telah ditentukan sebelumnya (variabel eksogen dan variabel *lag* endogen). Dalam tulisan ini, terdapat hubungan dua arah atau kausalitas ganda antara pembangunan ekonomi dan pembangunan manusia. Oleh karena itu, ini diterapkan secara simultan Model Persamaan dengan Data Panel untuk menganalisis pertumbuhan ekonomi di Sumatera. Diagram alir prosedur model terlampir pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Diagram Alir Proses Pemodelan *Simultaneous Equation Model* dengan Data Panel

Pertama, spesifikasi model yang berkaitan dengan bagaimana menyiapkan data dan membuatnya pada multi-persamaan berdasarkan informasi apriori, yang dinamai bentuk struktural. Menurut Klein (2015), bentuk struktural dibangun dari kajian teoritis dan hasil studi empiris. Dalam tulisan ini, ada dua persamaan yang didasari oleh beberapa literatur.

Berdasarkan hasil kajian empiris di atas, maka terbentuklah dua bentuk struktural. Oleh karena itu, persamaan pertama untuk menganalisis pembangunan ekonomi dan persamaan kedua untuk menganalisis pembangunan manusia. Spesifikasi model yang terdiri dari dua persamaan struktural dapat dilihat sebagai berikut:

$$\ln \ln (PDRBK_{it}) = \beta_{01} + \beta_{11i} \ln \ln (IPM_{it}) + \beta_{21i} \ln \ln (PEMDA_{it}) + \beta_{31i} \ln \ln (NET_{it}) + s_{it}. \quad (1)$$

$$\ln \ln (IPM_{it}) = \beta_{02} + \beta_{12i} \ln \ln (PDRBK_{it}) + \beta_{22i} \ln \ln (MISKIN_{it}) + \beta_{32i} \ln \ln (PKRT_{it}) + \beta_{42i} \ln \ln (PMTB_{it}) + \beta_{52i} \ln \ln (RLTS_{it}) + \beta_{62i} \ln \ln (TPAK_{it}) + s_{it}. \quad (2)$$

keterangan:

i = provinsi

t = tahun

PDRB = produk domestik regional bruto per kapita atas dasar harga konstan 2010

IPM = indeks pembangunan manusia

PKRT = pengeluaran konsumsi rumah tangga

PMTB = pembentukan modal tetap bruto

PEMDA = pengeluaran belanja pemerintah daerah

NET = net ekspor (selisih ekspor dan impor)

TPAK = tingkat partisipasi angkatan kerja

MISKIN = persentase penduduk miskin

RLTS = rata-rata lama sekolah

$\beta$  = estimasi parameter

$\varepsilon$  = error/galat

Dalam tulisan ini, kedua bentuk struktur tersebut dibuat dalam bentuk logaritma natural untuk memudahkan dalam interpretasi hasil estimasi. Dengan menggunakan logaritma natural dari persamaan dua sisi, interpretasi model tersebut akan menggunakan istilah persentase. Sebagai contoh, dari persamaan (1), terdapat variabel bernama PDRB per kapita (PDRBK) di sisi kiri dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di sisi kanan. Jika terdapat hasil pendugaan menghasilkan koefisien, maka interpretasi untuk koefisien ini diinterpretasikan sebagai berikut: jika IPM naik satu persen, maka pertumbuhan ekonomi akan naik sebesar  $\beta_{11i}$  persen, dengan asumsi variabel lain konstan atau *ceteris paribus*.

**Tabel 1.** Identifikasi *order condition*

Persamaan	K-k	m-1	Identifikasi
(1)	(2)	(3)	(4)
ln(PDRBK)	5	1	<i>Over-identified</i>
ln(IPM)	2	1	<i>Over-identified</i>

Kedua, identifikasi persamaan struktural harus dilakukan untuk mengetahui apakah persamaan tersebut *over-identified*, *just identification*, atau *unidentified* (Gujarati dan Porter, 2008). Ada dua prosedur untuk mengidentifikasi bentuk struktural yakni *order condition* dan *rank condition*. *Order condition* adalah syarat perlu tetapi bukan syarat cukup. Untuk menentukan bentuk identifikasi dengan *order condition*, aturan yang digunakan adalah sebagai berikut: (1) jika  $K-k < m-1$  maka *under-identified*; (2) jika  $K-k = m-1$  maka *just-identified*, dan (3) jika  $K-k > m-1$  maka *over-identified*. Dimana, M adalah jumlah variabel endogen, m adalah jumlah variabel endogen dalam setiap persamaan, K adalah jumlah variabel yang telah ditentukan (*predetermined variable*) dalam model, dan k adalah jumlah variabel yang telah ditentukan pada setiap persamaan. Hasil dari identifikasi *order condition* dapat dilihat pada Tabel 1. Selain itu, *rank condition* adalah prosedur lain yang dikatakan sebagai syarat perlu dan syarat cukup. Adapun bentuk identifikasi *rank condition* dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan dua persamaan struktur dalam makalah ini, hasil identifikasi *over-identified*.

**Tabel 2.** Identifikasi *rank condition*

Persamaan	1	ln(PDRBK)	ln(IPM)	ln(PMTB)	ln(PEMDA)	ln(NET)
ln(PDRBK)	$-\beta_{01}$	1	$-\beta_{11i}$	$-\beta_{31i}$	$-\beta_{21i}$	$-\beta_{31i}$
ln(IPM)	$-\beta_{02}$	$-\beta_{12i}$	1	$\beta_{42i}$	0	0

Persamaan	1	ln(PDRBK )	ln(IPM)	ln(TPAK)	ln(RTLS)	ln(MISKIN)	ln(PKRT)
ln(PDRBK)	$-\beta_{01}$	1	$-\beta_{11i}$	0	0	0	$-\beta_{41i}$
ln(IPM)	$-\beta_{02}$	$-\beta_{12i}$	1	$-\beta_{62i}$	$-\beta_{52i}$	$-\beta_{22i}$	$\beta_{32i}$

Ketiga, setelah mengidentifikasi persamaan, maka selanjutnya adalah estimasi parameter. Estimasi parameter didasarkan pada hasil tahap identifikasi. Jika hasilnya menyatakan bahwa *unidentified*, maka parameter dalam persamaan tersebut tidak dapat diestimasi. Jika hasilnya *just-identified*, itu bisa menjadi hasil hanya satu perkiraan atau unik dan akan diarahkan untuk menggunakan metode estimasi *Indirect least square* (ILS). Jadi, jika hasilnya *over-identified*, maka parameter yang diestimasi tidak unik (lebih dari satu hasil estimasi) dan metode

estimasi adalah *Two stage least square* (2SLS). Berdasarkan hasil *overidentified*, maka metode estimasi adalah 2SLS. Namun perlu diingat, tulisan ini menggunakan bentuk data panel. Dalam model persamaan simultan dengan data panel, terdapat empat metode untuk mengestimasi setiap persamaan dalam model (Baltagi, 2005). Keempat model tersebut adalah: (1) *First Difference Two Stage Least Square* (FD2SLS), (2) *Fixed Effect Two Stage Least Square* (FE2SLS), (3) *Between Two Stage Least Square* (B2SLS), dan (4) *Error Component two stage least square* (EC2SLS).

**Tabel 3.** Uji Spesifikasi Hausman

---- Coefficients ----
(b) (B) (b-B) sqrt(diag(V_b-V_B))
dummy .0327508 .0382435 -.0054926 .
b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtivreg
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtivreg
Test: Ho: difference in coefficients not systematic
chi2(7) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
= 21.28
Prob>chi2 = 0.0034
(V_b-V_B is not positive definite)

Keempat, sebelum proses estimasi dilakukan, perlu dilakukan uji konsistensi dari EC2SLS estimator dan FE2SLS estimator menggunakan uji spesifikasi Hausman (Baltagi, 2005). Hipotesis nol adalah tidak ada perbedaan sistemik antara EC2SLS dan FE2SLS. Jika hasil pengujian menyatakan tidak menolak hipotesis nol maka pilih estimator EC2SLS. Dari penghitungan uji spesifikasi Hausman, hasil menunjukkan bahwa untuk persamaan (1) dan (2) menggunakan penduga FE2SLS. Hal ini karena nilai *p-value* lebih kecil dari 0.05 sehingga menolak hipotesis nol yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan sistemik antara EC2SLS dan FE2SLS. FE2SLS merupakan metode estimasi penggabungan antara model *fixed effect* pada regresi data panel dengan metode 2SLS (*two stage least square*). Output estimasi uji spesifikasi Hausman untuk kedua persamaan struktural di atas dapat dilihat pada Tabel 3 di atas.

Kelima, pengujian parameter harus memenuhi kriteria-kriteria tersebut seperti: (1) Kriteria ekonomi, dengan melihat kesesuaian tanda berdasarkan teori dan logika ekonomi; (2) Kriteria statistik, menggunakan koefisien R-square, uji-F, dan uji-t. Adapun Uji-F digunakan untuk menguji apakah variabel eksogen secara umum berpengaruh signifikan terhadap variabel endogen. Hipotesis dalam uji-F ini adalah semua koefisien bernilai nol (tidak berpengaruh

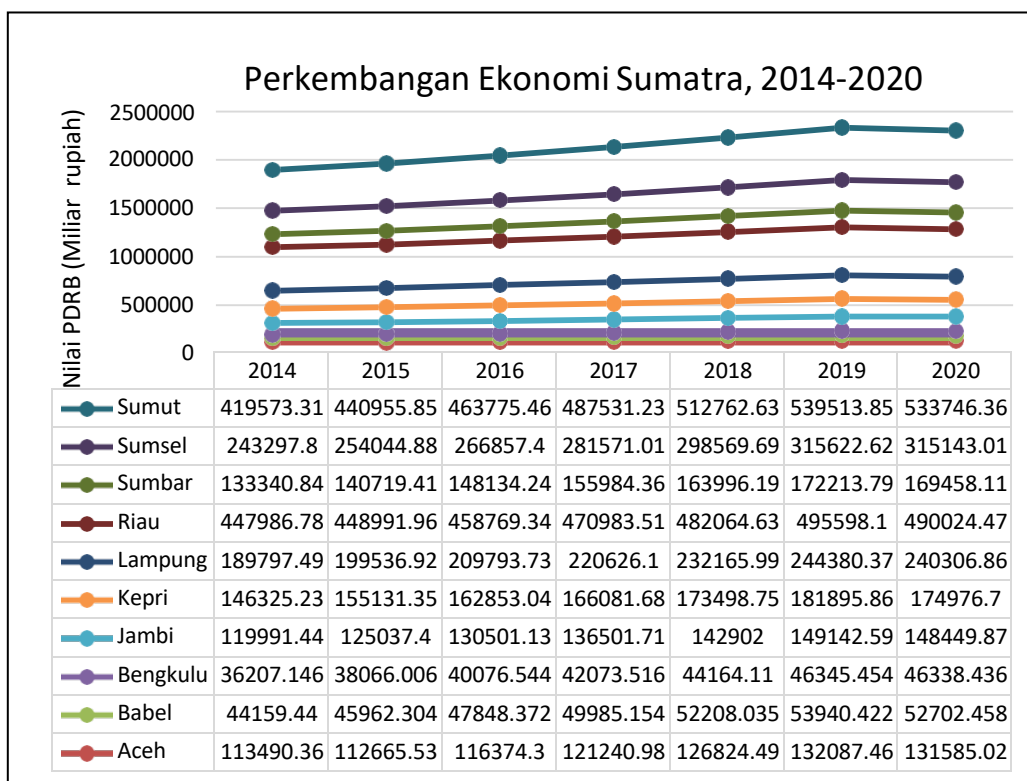
signifikan). Uji statistiknya adalah uji F. Dengan melihat p-value F-stats dalam program statistik Mei, jika *p-value* lebih kecil dari taraf signifikan (kebanyakan digunakan 0.05), maka disimpulkan bahwa menolak hipotesis nol. Selanjutnya uji-t digunakan untuk menguji signifikansi variabel eksogen secara parsial. Jika *p-value* lebih kecil dari tingkat signifikansi sehingga menolak hipotesis nol.

Keenam, evaluasi model. Evaluasi model terdiri dari pengecekan asumsi dan *goodness of fit* dari model. Asumsi yang seharusnya diperiksa hanya normalitas model residual dan non-multikolinearitas. Pengecekan normalitas dapat menggunakan uji Jarque-Berra (Jarque dan Berra, 1987). Namun, dengan penerapan model simultan, asumsi non-multikolinearitas dapat diabaikan. Hal ini karena model persamaan simultan akan memiliki variabel-variabel yang saling berkorelasi (Rhoads, 1991). Selain itu, *goodness of fit* dari model dapat dilihat dari nilai *R-square* dan *adjusted R square* (Neter, Wasserman, dan Kutner, 1989).

#### **IV. HASIL, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN**

##### **Tinjauan Deskriptif Variabel Makroekonomi Sumatera, 2014-2020**

Selama periode 2014-2019, nilai Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) di Sumatera cenderung meningkat dengan rata-rata 4.24 persen setiap tahun. Gambar 4 menunjukkan nilai perkembangan ekonomi Sumatera yang ditunjukkan oleh nilai PDRB dalam kurun 2014-2019 mencapai total 12592.74 triliun atau 12.59 kuadriliun rupiah. Provinsi Sumatera Utara menjadi provinsi dengan nilai PDRB terbesar di Sumatera pada 2019, yakni mencapai 539.5 triliun rupiah, diikuti oleh provinsi Riau (Rp495.6 triliun), Sumatera Selatan (Rp315.6 triliun), Lampung (Rp244.4 triliun), Kepulauan Riau (Rp181.9 triliun), Sumatera Barat (Rp172.2 triliun), Jambi (Rp149.1 triliun), Aceh (Rp132.1 triliun), Bangka Belitung (Rp53.9 triliun), dan Bengkulu (Rp46.3 triliun). pada 2020 terjadi kontraksi pertumbuhan ekonomi Sumatera akibat pandemi *corona virus disease* (Covid-19). Pertumbuhan ekonomi Sumatera secara rata-rata mengalami perlambatan sebesar 1.26 persen pada 2020. Provinsi dengan pertambahan ekonomi terbesar adalah provinsi Kepulauan Riau (-3.8 persen), kemudian diikuti dengan provinsi Bangka Belitung (-2.3 persen), Lampung (-1.7 persen), Sumatera Barat (-1.6 persen), Riau (-1.1 persen), Sumatera Utara (-1.1 persen), Jambi (-0.5 persen), Aceh (-0.4 persen), Sumatera Selatan (-0.2 persen), dan Bengkulu (-0.02 persen). Pada masa Pandemi Covid-19 tahun 2020, perekonomian provinsi Sumatera Utara, Riau dan Sumatera Selatam masih mendominasi Pulau Sumatera dengan *share* perekonomian masing-masing sebesar 23.2 persen, 21.3 persen, dan 13.7 persen.



**Gambar 4.** Perkembangan PDRB Sumatera

Kinerja ekonomi Sumatera diikuti dengan kinerja pembangunan dari sisi manusia. Pembangunan manusia dari sisi peningkatan akses pendidikan, kesehatan, dan pengeluaran rata-rata konsumsi makanan maupun makanan dapat mendorong kinerja perekonomian yang lebih baik. Tabel 4 menunjukkan perkembangan pembangunan manusia di Sumatera yang ditunjukkan oleh angka Indeks Pembangunan Manusia (IPM).

Dalam kurun waktu 2014 hingga 2019, capaian pembangunan manusia di Sumatera cukup baik, hal ini dilihat dari nilai IPM yang meningkat setiap tahunnya di seluruh provinsi di Sumatera. Indeks pembangunan manusia Sumatera selalu mengalami kenaikan setiap tahunnya dengan nilai rata-rata peningkatan sebesar 0.8 persen. Namun demikian, pandemi covid-19 terlihat tidak berpengaruh terhadap indeks pembangunan manusia di Sumatera. Tercatat, dari sepuluh provinsi hanya tiga provinsi saja yang mengalami penurunan nilai IPM dibandingkan dengan tahun 2019, yakni provinsi Riau, Sumatera Barat dan Sumatera Selatan. Berdasarkan laporan Badan Pusat Statistik, penyebab menurunnya angka IPM tahun 2020 pada ketiga provinsi ini disebabkan oleh adanya penurunan pada komponen pengeluaran per kapita penduduk pada tahun 2020 dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Pada provinsi Sumatera Barat terdapat penurunan pengeluaran per kapita sebesar 1.76 persen, sementara pada provinsi Riau dan Sumatera Selatan masing-masing terdapat penurunan konsumsi per kapita masing-masing sebesar 5.15 persen dan 2.65 persen.

**Tabel 4.** Kondisi IPM Sumatera 2014-2020

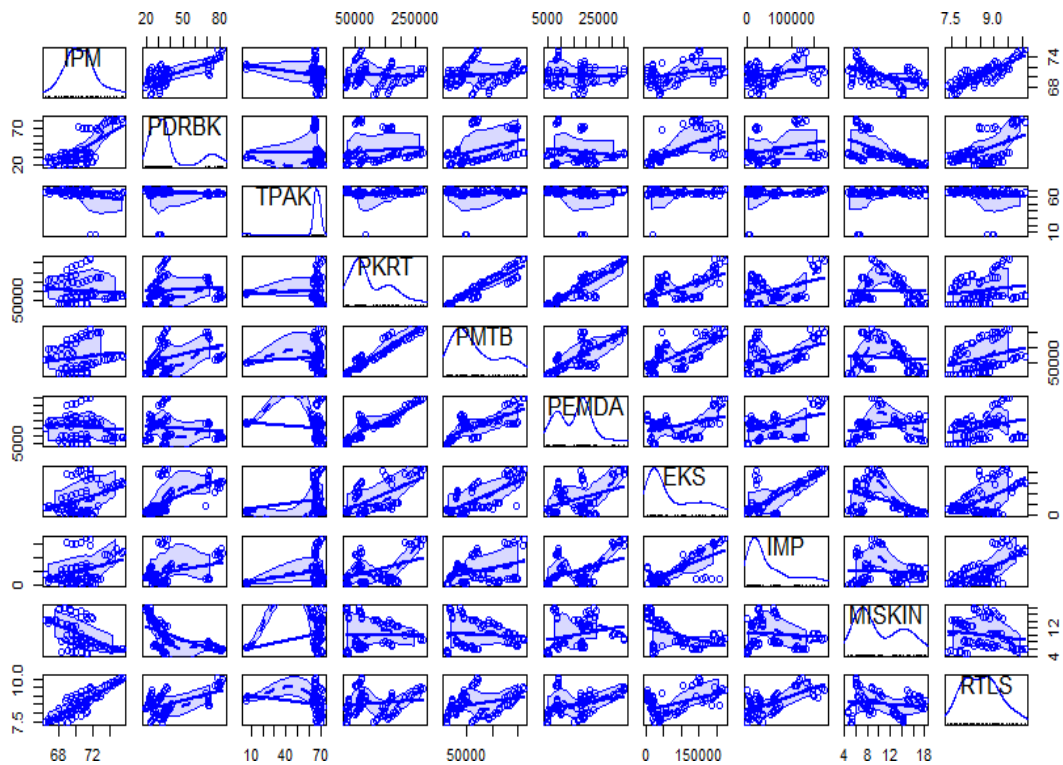
Tahun	Aceh	Babel	Bengkulu	Jambi	Kepri	Lampung	Riau	Sumbar	Sumsel	Sumut
2014	68.8	68.3	68.1	68.2	73.4	66.4	70.3	69.4	66.8	68.9
2015	69.5	69.1	68.6	68.7	73.8	67.0	70.8	70.0	67.5	69.5
2016	70.0	69.6	69.3	69.6	74.0	67.7	71.2	70.7	68.2	70.0
2017	70.6	70.0	70.0	70.0	74.5	68.3	71.8	71.2	68.9	70.6
2018	71.2	70.7	70.6	70.7	74.8	69.0	72.4	71.7	69.4	71.2
2019	71.9	71.3	71.2	71.3	75.5	69.6	73.0	72.4	70.0	71.7
2020	72.0	71.5	71.4	71.3	75.6	69.7	72.7	72.4	70.0	71.8

Salah satu indikator yang dapat menggambarkan tingkat pendapatan yang diperoleh setiap penduduk adalah PDRB per kapita. Selain itu, indikator tersebut juga dipakai sebagai *proxy* kemakmuran suatu wilayah. Di Sumatera, provinsi Kepulauan Riau, Riau dan Jambi menjadi provinsi yang konsisten berada dalam urutan tiga teratas dalam hal nilai PDRB per kapita di Sumatera selama periode 2014 hingga 2020, sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Peringkat PDRB per kapita Sumatera, 2014-2020 (juta rupiah)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Kepri	76.3	78.6	80.3	79.7	81.2	83.1	78.0
Riau	72.4	70.8	70.6	70.7	70.7	71.1	68.7
Jambi	35.9	36.8	37.7	38.8	40.0	41.1	40.4
Babel	32.9	33.5	34.1	34.9	35.8	37.1	37.2
Sumsel	30.6	31.6	32.9	34.2	35.6	37.0	36.3
Sumut	30.5	31.5	32.7	34.1	35.6	36.2	34.7
Sumbar	26.0	27.1	28.2	29.3	30.5	31.6	30.6
Lampung	23.6	24.6	25.6	26.6	27.7	28.9	28.2
Aceh	23.1	22.5	22.8	23.4	24.0	24.6	24.4
Bengkulu	19.6	20.3	21.0	21.8	22.5	23.3	22.9

Pada tabel di atas terlihat bahwa adanya dampak dari pandemi covid-19 terhadap pendapatan per penduduk di sebagian besar provinsi di Sumatera. Saat pandemi melanda, pendapatan per kapita Sumatera secara umum mengalami penurunan sebesar 12.6 juta rupiah, dimana provinsi Kepulauan Riau mengalami penurunan pendapatan per kapita yang besar yakni menurun 5.1 juta rupiah. Krisis pandemi covid-19 menimbulkan dampak multidimensi bagi masyarakat (Pan dan Yue, 2021). Salah satu dampak dari pandemi adalah adanya pemutusan hubungan kerja yang masif dari pemilik usaha sehingga meningkatkan angka pengangguran di suatu daerah. Karena adanya pengangguran, maka pendapatan yang diterima masyarakat menjadi berkurang sehingga mengakibatkan angka kemiskinan menjadi meningkat. Krisis pandemi juga menyebabkan banyaknya usaha merugi karena masyarakat cenderung menahan uangnya untuk dibelanjakan sementara waktu (Cowling, Brown, dan Rocha, 2020).



**Gambar 5.** Diagram Pencar variabel-variabel Makroekonomi

Mankiw (2007) menjelaskan bahwa perhitungan PDB suatu negara terdiri dari penjumlahan antara konsumsi rumah tangga, investasi, belanja pemerintah daerah dan net ekspor. Pada Gambar 5 terlihat semua komponen pembentuk angka PDB regional menunjukkan hubungan yang searah. Artinya, semakin tinggi tingkat konsumsi rumah tangga, maka nilai PDRB suatu daerah juga akan meningkat. Begitu pula dengan investasi, semakin tinggi nilai

pembentukan nilai tetap bruto suatu wilayah maka pembangunan ekonomi semakin meningkat. Kinerja ekspor dan impor menunjukkan hubungan yang positif searah. Hal ini bermakna bahwa semakin tinggi nilai selisih ekspor-impor suatu wilayah maka akan semakin tinggi pula tingkat PDRB.

Hubungan yang searah antara dua variabel juga ditunjukkan oleh hubungan antara Pengeluaran Konsumsi Rumah Tangga (PKRT) dan Pembentukan Modal Tetap Bruto (PMTB) dengan Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Pada Gambar di atas terlihat bahwa semakin tinggi tingkat pengeluaran untuk konsumsi akhir rumah tangga maupun pengeluaran untuk menambah aset tetap, maka tingkat pembangunan manusia akan meningkat. Menurut *United Nations Development Program* (UNDP), pengeluaran konsumsi akhir rumah tangga dan rata-rata lama sekolah merupakan dua dari beberapa indikator dalam pembentukan indeks pembangunan manusia. Sementara itu, adanya usaha untuk melakukan investasi berupa penambahan aset tetap cenderung berdampak positif bagi pembangunan manusia. Ketika pemerintah ingin meningkatkan rata-rata lama sekolah di suatu wilayah, maka pemerintah akan melakukan investasi untuk melakukan perbaikan, pemeliharaan, maupun pembelian barang rumah tangga baru untuk semakin mendorong kinerja perekonomian suatu wilayah (Meyer dan Sanusi, 2019).

### ***Simultaneous Equation Model Determinan Perekonomian Sumatera***

Untuk menjawab tujuan analisis kedua, yakni mencari determinan atau faktor-faktor yang mempengaruhi perekonomian Sumatera tahun 2014-2020, penulis menggunakan model persamaan simultan dengan data panel. Adapun hasil estimasi untuk kedua persamaan struktural dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Hasil pendugaan parameter untuk kedua persamaan model struktural pada tabel di atas dapat disajikan dalam bentuk sebagai berikut:

$$\ln PDRBK_{it} = -7.79 + 1.86 \ln IPM_{it} + 0.35 \ln PEMDA_{it} + 0.02 \ln NET_{it} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \ln IPM_{it} = & \\ & 2.72 + 0.056 \ln PDRBK_{it} - 0.009 \ln MISKIN_{it} + 0.078 \ln PKRT_{it} - 0.008 \ln PMTB_{it} + \\ & 0.256 \ln RTLS_{it} + 0.0008 \ln TPAK_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

**Tabel 6.** Hasil estimasi *Fixed Effect two stage least square* persamaan pertama

Dependent Variable: Ln(PDRBK)				
Method: Two-stage Least Squares				
Variable	Coefficien			
	t	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-7.793331	1.053742	-7.395861	0.0000
Ln(IPM)	1.857086	0.430101	4.317795	0.0001
Ln(PEMDA)	0.347635	0.128723	2.700648	0.0099
Ln(NET)	0.023070	0.010505	2.196134	0.0335
Fixed Effects (Cross)				
ACEH	-0.605346		JAMBI	0.103275
SUMUT	-0.447237		SUMSEL	-0.219752
SUMBAR	-0.379551		LAMPUNG	-0.381502
RIAU	0.433424		KEPRI	0.772849
			BABEL	0.260878
R-squared	0.996522	Mean dependent var		3.675796
Adjusted R-squared	0.995633	S.D. dependent var		0.383018
S.E. of regression	0.025312	Sum squared resid		0.027550
F-statistic	964.8964	Durbin-Watson stat		0.916903
Prob(F-statistic)	0.000000	Second-Stage SSR		0.031965
Instrument rank	17			

**Tabel 7.** Hasil estimasi *Fixed Effect two stage least square* persamaan kedua

Dependent Variable: Ln(IPM)				
Method: Two-stage Least Squares				
Variable	Coefficien t	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.716180	0.089730	30.27069	0.0000
Ln(PDRBK)	0.055789	0.021054	2.649858	0.0115
Ln(MISKIN)	-0.009073	0.009151	-0.991493	0.3274
Ln(PKRT)	0.078338	0.017177	4.560708	0.0000
Ln(PMTB)	-0.008551	0.021109	-0.405068	0.6876
Ln(RTLS)	0.255553	0.038208	6.688489	0.0000
Ln(TPAK)	0.000839	0.000796	1.053833	0.2983
Fixed Effects (Cross)				
ACEH	0.046525		JAMBI	0.032659
SUMUT	-0.079324		SUMSEL	-0.040529
SUMBAR	0.031166		LAMPUNG	-0.006922
RIAU	-0.057689		KEPRI	0.007087
			BABEL	0.106928
R-squared	0.996423	Mean dependent var		4.256485
Adjusted R-squared	0.995172	S.D. dependent var		0.029967
S.E. of regression	0.002082	Sum squared resid		0.000173
F-statistic	504.2332	Durbin-Watson stat		1.639449
Prob(F-statistic)	0.000000	Second-Stage SSR		0.000273
Instrument rank	17			

Model di atas harus memenuhi uji-uji asumsi yang mendasarinya. Salah satunya, adalah pengujian asumsi klasik. Salah satu pengujian asumsi klasik yang dipakai untuk evaluasi model adalah pengujian asumsi normalitas residual. Berdasarkan hasil pengujian asumsi klasik, residual untuk kedua persamaan telah memenuhi kaidah asumsi normalitas residual, sebagaimana yang dapat dilihat dalam Lampiran 1. Selain itu, pengujian asumsi normalitas residual untuk persamaan struktural kedua juga menunjukkan asumsi normalitas sudah terpenuhi. Selain itu, pengecekan multikolinieritas juga dilakukan untuk melihat apakah terjadi korelasi variabel bebas dalam model. Lampiran 2 menunjukkan bahwa setiap variabel bebas yang digunakan dalam pemodelan diatas cenderung tidak memiliki korelasi yang kuat antara masing-masing variabel bebas. Oleh karena itu, model yang digunakan sudah memenuhi asumsi

yang diharapkan.

Persamaan struktural pertama memiliki nilai *r-square* yang disesuaikan (*adjusted r-square*) sebesar 0.9965. Hal ini bermakna bahwa variabel-variabel penjelas pada persamaan tersebut seperti IPM, PEMDA, dan NET dapat memberikan penjelasan mengenai variasi nilai dari variabel PDRB per kapita Sumatera sebesar 99.65 persen sementara sisanya 0.35 persen dijelaskan oleh faktor lain di luar model.

Selain itu, persamaan struktural kedua memiliki nilai *r-square* yang disesuaikan (*adjusted r-square*) sebesar 0.9964. Hal ini bermakna bahwa variabel-variabel penjelas pada persamaan tersebut seperti PDRB per kapita, persentase penduduk miskin, PKRT, PMTB, rata-rata lama sekolah dan tingkat partisipasi angkatan kerja dapat memberikan penjelasan mengenai variasi nilai dari variabel PDRB per kapita Sumatera sebesar 99.64 persen sementara sisanya 0.36 persen dijelaskan oleh faktor lain di luar model.

Nilai R-square adjusted untuk hasil estimasi kedua persamaan struktural di atas relatif sangat besar. Oleh karena itu, kemampuan model persamaan simultan untuk menganalisis hubungan saling mempengaruhi dua arah antara pembangunan manusia dan pembangunan ekonomi beserta pencarian determinan pertumbuhan ekonomi Sumatera selama 2014 hingga 2020 dapat dikatakan sangat baik untuk interpretasi hasil estimasi model.

### **Determinan Perekonomian Sumatera**

Berdasarkan hasil estimasi kedua persamaan struktural di atas, terlihat ada hubungan dua arah yang signifikan antara pembangunan ekonomi dengan pembangunan manusia di Sumatera. Nilai *p-value* untuk variabel IPM pada persamaan struktural pertama yang lebih kecil dari taraf signifikansi lima persen. Hal ini berarti IPM berpengaruh signifikan dan searah dengan pembangunan ekonomi di Sumatera. Selain itu, dengan tingkat signifikansi lima persen, PDRB per kapita juga berpengaruh signifikan dan memiliki hubungan searah dengan pembangunan manusia, sebagaimana yang terlihat pada persamaan struktural kedua. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Ramirez, Ranis, dan Stewart (1998) yang menyimpulkan bahwa terdapat hubungan searah dan signifikan antara pembangunan ekonomi dan pembangunan manusia. Dengan kata lain, terdapat bukti bahwa ada hubungan simultanitas dua arah (*two way relationship*) yang saling mempengaruhi di antara kedua variabel tersebut. Oleh karena itu, setiap hasil estimasi parameter dari kedua persamaan struktural di atas dapat dilakukan interpretasi hasil.

Berdasarkan output estimasi pada Tabel 7 dan Tabel 8, bila terjadi perubahan IPM sebesar satu persen maka PDRB per kapita Sumatera akan naik sebesar 1.86 persen dengan asumsi variabel lainnya konstan. Selain itu, bila terjadi kenaikan PDRB per kapita sebesar satu persen maka IPM Sumatera akan naik sebesar 0.056 poin dengan syarat *ceteris paribus*.

Persamaan (3) menunjukkan bahwa faktor selain IPM, variabel PEMDA atau pengeluaran belanja pemerintah daerah juga berpengaruh signifikan dan memiliki hubungan yang searah dengan pertumbuhan ekonomi Sumatera. Dalam kondisi *ceteris paribus*, setiap peningkatan belanja pemerintah sebesar satu persen, akan menyebabkan peningkatan PDRB per kapita Sumatera sebesar 0.35 persen. Komponen belanja pemerintah merupakan salah satu determinan penting dalam akselerasi pertumbuhan ekonomi suatu wilayah (alexiou, 2009). Saat pemerintah suatu wilayah merealisasikan anggaran yang ada untuk pembangunan berbagai aspek, seperti halnya untuk aspek pendidikan, kesehatan, maupun infrastruktur, maka akan mempercepat proses pembangunan ekonomi suatu negara (Ghosh dan Gregoriu, 2008). Selain itu, belanja pemerintah berupa bantuan langsung juga dapat berdampak kepada pembangunan ekonomi. Dengan adanya bantuan langsung yang diberikan kepada masyarakat akan mendorong konsumsi masyarakat sehingga meningkatkan pembangunan ekonomi yang diharapkan (Omodero, 2019). Pada akhirnya, belanja pemerintah juga berdampak terhadap pembangunan manusia sebagai akibat dari meningkatnya progres pembangunan ekonomi suatu daerah.

Selain itu, faktor yang berpengaruh signifikan terhadap PDRB per kapita adalah net ekspor. Net ekspor merupakan selisih antara ekspor dan impor suatu daerah. Setiap provinsi memiliki aktivitas ekspor dan impor baik dari dalam maupun luar negeri dalam rangka memenuhi kebutuhan barang dan jasa di wilayahnya. Berdasarkan hasil estimasi, setiap kenaikan net ekspor suatu wilayah sebesar satu persen maka pertumbuhan ekonomi Sumatera akan naik sebesar 0.02 persen dengan asumsi *ceteris paribus*. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Alakpler (2017) yang menyimpulkan bahwa ekspor suatu negara berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi, sementara itu impor dan tingkat pengangguran berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan ekonomi. Kegiatan perdagangan membuka peluang setiap daerah untuk mengadopsi metode-metode baru dalam berproduksi dan memunculkan adanya industri-industri baru yang lebih modern dalam mengaplikasikan teknologi mutakhir (Mo, 2010).

Pada intinya, dari persamaan (3) dan Tabel 6 output estimasi di atas, diperoleh informasi bahwa variabel Indeks Pembangunan Manusia (IPM), pengeluaran belanja pemerintah daerah (PEMDA), dan net ekspor provinsi (NET) merupakan determinan yang berpengaruh signifikan dan memiliki arah hubungan sebab akibat yang searah terhadap pertumbuhan ekonomi Sumatera. Jika ditinjau lebih jauh, pada Tabel 6 terdapat nilai *intercept* untuk setiap provinsi di Sumatera. Nilai ini memberikan informasi terkait nilai pertumbuhan ekonomi masing-masing provinsi di saat variabel IPM, PEMDA, dan NET tidak mengalami pertumbuhan sama sekali. Berdasarkan hasil estimasi, diperoleh informasi bahwa provinsi Kepulauan Riau, Riau, Bangka Belitung, dan Jambi memiliki nilai *intercept* yang positif di saat ketiga variabel bebas diasumsikan tidak mengalami pertumbuhan angka.

Sementara itu, persamaan struktural kedua menjelaskan determinan yang mempengaruhi pembangunan manusia di Sumatera. Pada Tabel 7, untuk variabel pengeluaran konsumsi rumah tangga (PKRT) dan rata-rata lama sekolah (RTLS) berpengaruh signifikan dan positif terhadap nilai indeks pembangunan manusia di Sumatera. Hasil estimasi menunjukkan bahwa, dengan taraf signifikansi lima persen, setiap ada kenaikan konsumsi rumah tangga dan peningkatan rata-rata lama sekolah sebesar satu persen, maka akan meningkatkan nilai indeks pembangunan manusia Sumatera masing-masing sebesar 0.078 persen dan 0.25 persen, *ceteris paribus*. Dari model persamaan simultan di atas, diperoleh informasi mengenai jalur dampak dari konsumsi rumah tangga dan pendidikan di suatu keluarga akan secara tidak langsung meningkatkan pertumbuhan ekonomi Sumatera. Akan tetapi, belanja rumah tangga maupun investasi pendidikan yang dilakukan setiap rumah tangga di Sumatera akan meningkatkan nilai indeks pembangunan manusia. Pada akhirnya, di saat setiap penduduk Sumatera sudah memiliki tingkat pendidikan maupun taraf hidup yang tinggi akan menyebabkan meningkatnya pertumbuhan ekonomi Sumatera. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Ramirez, Ranis, dan Stewart (1998) bahwa pembangunan manusia yang tinggi akan menyebabkan pembangunan ekonomi yang tinggi. Jadi, pengeluaran konsumsi rumah tangga dan rata-rata lama sekolah merupakan salah satu determinan pembangunan ekonomi yang sifatnya tidak berpengaruh langsung (*indirect effect*) terhadap pertumbuhan ekonomi Sumatera.

## **V. KESIMPULAN, IMPLIKASI, SARAN DAN REKOMENDASI**

Pertumbuhan ekonomi Sumatera terus mengalami peningkatan sepanjang tahun. Namun pada 2020, perekonomian Sumatera mengalami kontraksi akibat pandemi covid-19. Di sisi lain, pembangunan manusia untuk Sumatera juga mengalami peningkatan setiap tahunnya. Oleh karena itu menjadi suatu hal yang penting untuk menelusuri determinan pertumbuhan ekonomi di Sumatera. Namun demikian, adanya simultanitas dua arah antara pertumbuhan ekonomi dan pembangunan manusia membutuhkan metode analisis model persamaan simultan menjadi diperlukan. Hal ini digunakan untuk menghindari bias dalam estimasi yang dihasilkan. Hasil pemodelan empiris menunjukkan bahwa terdapat hubungan simultanitas dua arah antara variabel PDRB per kapita dengan IPM. Implikasinya, kedua variabel tersebut saling memiliki hubungan yang saling mempengaruhi. Selain itu, determinan pembangunan ekonomi di Sumatera yakni variabel indeks pembangunan manusia, pengeluaran belanja pemerintah daerah dan net ekspor provinsi. Hasil estimasi juga menunjukkan bahwa ketiga variabel memiliki hubungan yang searah terhadap pertumbuhan ekonomi Sumatera. Bila ketiga variabel tersebut, masing-masing, mengalami kenaikan satu persen maka akan menyebabkan kenaikan pertumbuhan ekonomi di Sumatera.

Selain itu, hasil dari estimasi persamaan struktural kedua menunjukkan bahwa variabel pengeluaran konsumsi rumah tangga dan rata-rata lama sekolah berpengaruh signifikan terhadap pembangunan manusia di Sumatera. Hubungan antara kedua variabel tersebut searah dengan IPM, yang artinya setiap kenaikan masing-masing variabel tersebut sebesar satu persen maka akan menyebabkan kenaikan indeks pembangunan manusia di Sumatera. Melalui model persamaan simultan juga disimpulkan bahwa dampak dari konsumsi rumah tangga dan pendidikan terhadap perekonomian Sumatera adalah tidak langsung (*indirect effect*). Implikasinya, jalur pertumbuhan ekonomi Sumatera ditentukan secara tidak langsung oleh kegiatan konsumsi masyarakat Sumatera dan investasi pendidikan setiap keluarga yang akan meningkatkan taraf hidup pembangunan manusia.

Oleh karena itu, beberapa saran maupun rekomendasi kepada *stakeholder* terkait (dalam hal ini setiap pemerintah daerah masing-masing provinsi), yakni:

1. Karena variabel PEMDA (pengeluaran belanja pemerintah) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi, maka sebaiknya dilakukan peningkatan realisasi pengeluaran pemerintah daerah dalam bentuk belanja pemerintah. Hal ini dapat diwujudkan dengan memaksimalkan penyerapan anggaran khususnya yang berkaitan dengan pendidikan, kesehatan, dan pembangunan infrastruktur pendukung perekonomian seperti jalan, jembatan, dan sebagainya. Selain itu, penting juga bagi setiap pemerintah daerah agar terus mengawasi agar penggunaan anggaran seefektif dan seefisien mungkin dengan menggunakan platform *e-government* sehingga bisa memantau kinerja penyerapan anggaran secara lebih akuntabel.
2. Karena variabel NET (net ekspor) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Sumatera, maka sebaiknya setiap pemerintah daerah dapat melakukan peningkatan kinerja ekspor daerah baik itu mengeksport barang-barang ke luar provinsi maupun ekspor barang keluar negeri. Salah satu caranya yakni dengan mempermudah akses investasi untuk pendirian perusahaan-perusahaan industri pengolahan komoditas ekspor. Hal ini dikarenakan nilai tambah untuk komoditas yang sudah diolah bisa lebih tinggi dibandingkan ekspor barang mentah (*raw materials*). Untuk mencapainya, sebaiknya setiap pemerintah daerah di masing-masing provinsi untuk meningkatkan kepercayaan investor dengan implementasi hukum yang setimpal bagi pelaku korupsi yang dapat menurunkan citra positif masing-masing daerah, yang dapat menghambat investasi pendirian produsen komoditas ekspor olahan tersebut.
3. Karena variabel pengeluaran konsumsi rumah tangga (PKRT) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pembangunan manusia di Sumatera, maka sebaiknya setiap pemerintah daerah untuk masing-masing provinsi di Sumatera agar meningkatkan pengeluaran belanja pemerintah daerah berupa penyaluran bantuan uang tunai. Hal ini dilakukan untuk

meningkatkan daya beli masyarakat, terkhusus di masa pandemi covid-19 masyarakat lebih membutuhkan bantuan uang tunai langsung dibandingkan bantuan modal usaha. Pada akhirnya bantuan uang langsung tersebut dapat meningkatkan konsumsi per kapita masing-masing provinsi yang dapat meningkatkan taraf hidup penduduk yang berdampak pada tumbuhnya ekonomi Sumatera.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexiou, Constantinos. (2009). Government Spending and Economic Growth : Econometric Evidence from the South Eastern Europe (SEE). *Journal of Economic and Social Research*. 11(1) 1-16
- Akalpler, Ergin. (2017). The Role of Net Export on Economic Growth in USA. *Journal of Applied Economic Sciences*, Vol XII, 3(49)
- Baltagi, Badi. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. Wiley: New York
- Cowling, Marc, Brown, Ross, & Rocha, Augusto. (2020). Did you Save Some Cash for a rainy COVID-19 day? The Crisis and SMEs. *International Small Business Journal : Researching Entrepreneurship*, Vol 38(7), 593-604
- Garcia, J.G. dan L. Soelistianingsih. (1998). Why Do Differences in Provincial Income Persist in Indonesia?. *Bulletin of Indonesian Economic Studies* 34 (1): 95-120.
- Ghosh, Sugata & Gregoriou Andros. (2008). The Composition of Government Spending and Growth : Is Current or Capital Spending Better?. *Oxford Economic Paper*. [www.jstor.org/25167702](http://www.jstor.org/25167702)
- Gujarati, Damodar & Porter, Dawn C. (2008). *Basic Econometrics-Fifth Edition*. Edinburg Gate: Pearson Educated Limited.
- Hers, J. (1998). Human Capital and Economic Growth: A Survey of the Literature. *CPB Report* 1998/2.
- Jarque, Carlos M & Bera, Anil K. (1987). A Test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review*. 55 (2):163-172. <https://www.jstor.org/stable/1403192>
- Klein, Rex B. (2015). *Principles and Practices of Structural Equation Modelling*. New York: The Guilford Press.
- Krueger, A. B. dan M. Lindahl. (2000). Education for Growth: Why and For Whom?. *NBER Working Paper* 7591. Cambridge: NBER.
- Mankiw, N.Gregory. (2007). *Macroeconomics seventh edition*. New York: Worth Publishers
- Meier, G. M. dan J. E. Rauch. (2000). Leading Issues in Economic Development (seventh edition). *New York-Oxford: Oxford University Press*.
- Meyer, Daniel Francois & Sanusi, Kaseem Abimbola. (2019). Government Spending and Economic Growth A Causality Analysis of The Relationships between Gross Fixed Capital Formation, Economic Growth, and Employment in South Africa. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Oeconomica*, Vol 64, issue 1,2019 pp. 33-44
- Mo, Pak Hung. (2010). Trade Intensity, Net Export, and Economic Growth. *Review of Development Economics*. 14(3), 563-576
- Nafziger, E. Wayne. (2012). *Economic Development-Fifth Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Neter, John, William Wasserman, & Michael H Kurtner. (1989). *Applied Linear Regression Model*. Boston: Richard D. Irvin, Inc.
- OECD (2012), *Southeast Asian Economic Outlook 2011/12*, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264166882-en>

- Omodero, Cordelia Onyinyechi. (2019). Government General Spending and Human Development : A Case Study of Nigeria. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies* Vol 8 No 1.
- Pan, Kai & Yue, Xiao-Guang. (2021). Multidimensional effect of covid-19 on the economy:evidence from survey. *Economic Research-Ekonomiska-Istrazivanja*. <https://www.tandfonline.com/loi/rero20>
- Ramirez, A., G. Ranis, dan F. Stewart. (1998). *Economic Growth and Human Capital.QEH Working Paper* No. 18.
- Rhoads, B.L. (1991). Multicollinearity and Parameter Estimation in Simultaneous-Equation Models of Fluvial System. *Geographic Analysis*, 23. 4. United States: Ohio State University Press.
- Sukirno, Sadono. (2011). *Makroekonomi Teori Pengantar*. Edisi Pertama. Jakarta: Rajawali Press.
- Todaro, M. & Smith, Stephen C. (2014). *Economic Development Twelfth Edition*. New Jersey: Pearson Education.
- Vidyattama, Yoga. (2010). A Search for Indonesia's Regional Growth Determinants. *ASEAN Economic Bulletin*, Vol 27 No. 3, 281-94
- Wibisono, Y. (2001). Determinan Pertumbuhan Ekonomi Regional: Studi Empiris Antar Propinsi di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia* Vol 1 No 2, 52-83.

**KELEMAHAN DAN ANCAMAN PENERAPAN SISTEM  
MANAJEMEN PENGETAHUAN PADA *SMALL MEDIUM-SIZED  
ENTERPRISE*: TINJAUAN LITERATUR YANG SISTEMATIS /  
*SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW (SLR)***

*Weaknesses and Threats of Implementing Knowledge Management System  
in Small and Medium-sized Enterprise: A Systematic Literature Review*

Gusnisa Siswayu\*, Viktor Suwiyanto\*\*

\*Universitas Sumatera Utara, *E-mail*: siswayu@bps.go.id

\*\*BPS Provinsi Sumatera Utara

**ABSTRAK**

Badan Pusat Statistik (BPS) sebagai *National Statistics Office* di Indonesia, memiliki fungsi utama pemerintahan dalam kegiatan statistik Nasional. Kegiatan statistik ini sangat membutuhkan kolaborasi dan berbagi pengetahuan baik itu dalam dan antar unit kerja. BPS harus melakukan proses berbagi, menangkap, menemukan, dan menerapkan pengetahuan dalam setiap iterasi kegiatan statistik untuk menunjang perubahan kebutuhan kegiatan statistik secara efektif. Proses berbagi, menangkap, menemukan, dan menerapkan pengetahuan adalah empat proses Manajemen Pengetahuan atau *Knowledge Management (KM)*. BPS harus mampu mengimplementasikan Sistem Manajemen Pengetahuan atau *Knowledge Management System (KMS)* agar kegiatan statistik dapat berjalan dan meningkat secara optimal. BPS Provinsi Sumatera Utara sebagai bagian dari BPS, yang bertanggung jawab atas kegiatan statistik di Provinsi Sumatera Utara, juga perlu mengimplementasikan KMS. Sebagai *Small and Medium-sized Enterprise (SME)*, BPS Provinsi Sumatera Utara harus menerapkan KMS secara hati-hati. BPS Provinsi Sumatera Utara perlu mengetahui kelemahan dan ancaman penerapan KMS pada SME secara umum untuk meminimalkan risiko kegagalan dalam implementasi KMS. Penelitian ini mengusulkan solusi untuk memberikan informasi tentang hambatan dan ancaman penerapan KMS dengan melakukan *Systematic Literature Review (SLR)* tentang implementasi KMS di SME. Dari penelitian ini didapatkan bahwa BPS Provinsi Sumatera Utara sebagai SME disarankan untuk mengedepankan implementasi Solusi Proses KM dibandingkan KMS terutama para proses *Knowledge Sharing* atau berbagi pengetahuan. Sedangkan untuk proses implementasi KMS berdasarkan penelitian ini BPS disarankan untuk melakukan kajian kesiapan (*readiness*) implementasi KMS terutama mengenai kesiapan organisasi dan pegawainya. Selain itu dalam proses implementasi KMS sebaiknya BPS Provinsi Sumatera Utara memperhatikan faktor budaya wilayah, payung hukum berbagi pengetahuan serta tren teknologi.

Kata kunci: Knowledge Management, KMS, SME, Kelemahan dan Ancaman, Systematic Literature Review, SLR

**ABSTRACT**

*BPS- Statistics Indonesia (BPS) as the National Statistics Office in Indonesia, has the main function of government in National Statistics Activities. This Statistics activity requires collaboration and knowledge sharing both within and between departments. BPS needs to share, capture, discover, and apply knowledge in each iteration of Statistic Activities to effectively change its needs. Sharing, Capturing, Discovering, and Applying Knowledge is a Knowledge Management (KM) Process. BPS must be able to implement KMS so that statistical activities can run and grow optimally. BPS of North Sumatra Province as part of BPS, which is responsible for the Statistical Activities of North Sumatra Province, also needs to implement KMS. As a Small and Medium-sized Enterprise (SME), BPS of North Sumatra Province must apply KMS carefully. BPS North Sumatra Province needs to know the weaknesses and threats of implementing KMS in other SMEs to face the risk of failure. This study proposes a solution to provide*

*information about the barriers and threats to the implementation of KMS by conducting a Systematic Literature Review (SLR) on the implementation of KMS in SMEs. From this study it was found that BPS North Sumatra Province as an SME is recommended to implement KM Process Solutions compared to KMS, especially the Knowledge Sharing process. As for the KMS implementation process, based on this research, BPS is advised to conduct a study of the readiness of KMS implementation, especially the readiness of the organization and its employees. In addition, in the process of implementing KMS, BPS North Sumatra Province should pay attention to regional cultural factors, the legal umbrella for sharing knowledge and technology trends.*

*Keywords: Knowledge Management, KMS, SME, Weaknesses and Threats, Systematic Literature Review, SLR*

## **I. PENDAHULUAN**

Badan Pusat Statistik (BPS) sebagai *National Statistics Office* (NSO) di Indonesia, memiliki fungsi utama pemerintahan dalam Kegiatan Statistik Nasional. Kegiatan Statistik yang dilakukan oleh BPS membutuhkan pengetahuan yang bersumber dari lebih dari satu unit kerja di dalam BPS. Untuk melaksanakan kegiatan Statistik ini sangat dibutuhkan kolaborasi dan berbagi pengetahuan antar pegawai dalam satu unit kerja maupun antar unit kerja.

Kegiatan Statistik, baik itu sensus maupun survei adalah kegiatan BPS yang dilakukan secara periodik dan berulang. Antar perulangan di salah satu Kegiatan Statistik misal Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS), terdapat perubahan pada beberapa bagian kegiatan tersebut. Perubahan ini biasanya didasarkan pada evaluasi kegiatan SUSENAS pada periode sebelumnya. BPS harus menjalankan proses berbagi, menangkap, menemukan, dan menerapkan pengetahuan dalam setiap perulangan Kegiatan Statistik untuk mengefektifkan perubahan tersebut.

Proses berbagi, Menangkap, Menemukan, dan Penerapan Pengetahuan adalah empat Proses Manajemen Pengetahuan atau *Knowledge Management* (KM) utama (Fernandez & Sabherwal, 2010). KM adalah kegiatan yang terlibat dalam menemukan, menangkap, berbagi, dan menerapkan pengetahuan untuk meningkatkan dampak pengetahuan pada pencapaian tujuan unit secara efektif (Fernandez & Sabherwal, 2010).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, BPS harus mampu melaksanakan proses KM agar Kegiatan Statistik dapat berjalan dan meningkat secara optimal. BPS Provinsi Sumatera Utara sebagai bagian dari Badan Pusat Statistik yang bertanggung jawab atas Kegiatan Statistik di Provinsi Sumatera Utara juga harus menerapkan proses KM ini. Berdasarkan definisi *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD) tentang Organisasi Kecil dan Menengah atau *Small and Medium-sized Enterprise* (SME), BPS Provinsi Sumatera Utara merupakan sebuah organisasi berjenis SME. Sebagai sebuah SME, BPS Provinsi Sumatera Utara harus menerapkan KM secara hati-hati. BPS Provinsi Sumatera Utara perlu mengetahui kelemahan dan ancaman penerapan KM pada SME lainnya untuk meminimalkan risiko kegagalan.

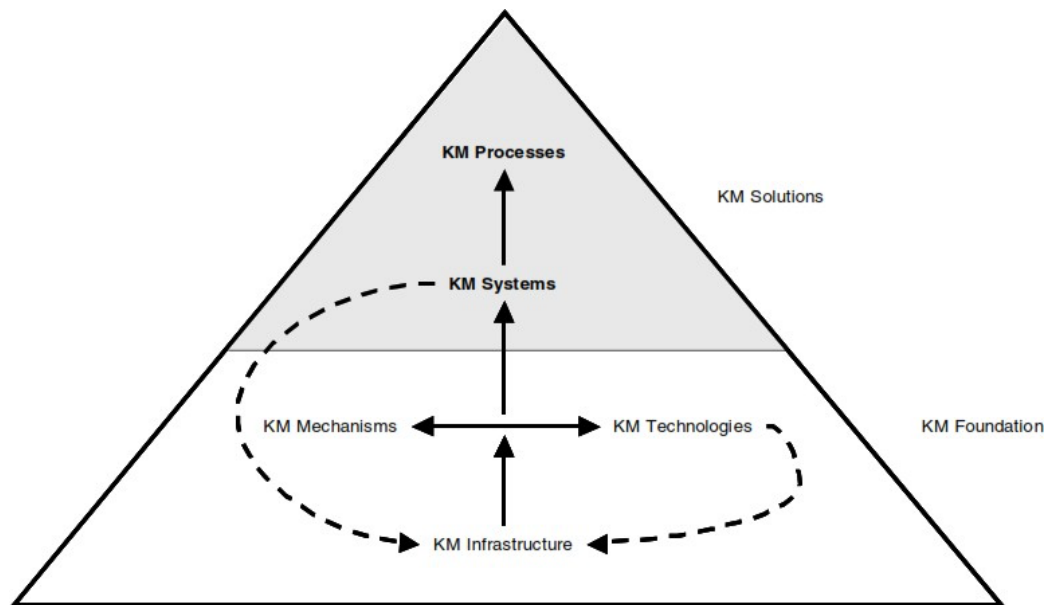
Penelitian ini mengusulkan solusi untuk memberikan informasi tentang hambatan dan ancaman penerapan KM dengan melakukan *Systematic Literature Review* (SLR) tentang penerapan KM di SME.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### Sistem Manajemen Pengetahuan (KMS)

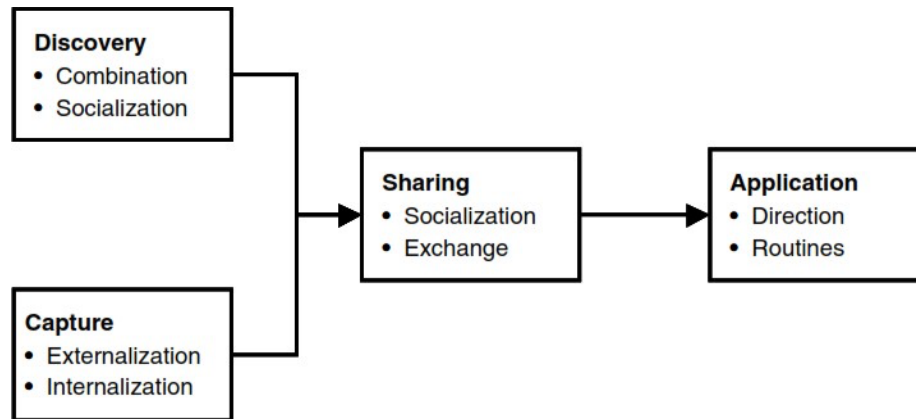
Pengetahuan / *knowledge* adalah pemahaman, kesadaran, kognisi, dan pengenalan situasi dan keakraban dengan kompleksitasnya. Pengetahuan adalah informasi dalam perspektif, diintegrasikan ke dalam sudut pandang berdasarkan pengenalan dan interpretasi pola, seperti tren, yang dibentuk dengan informasi dan pengalaman lain (Brackett & Earley, 2009).

Di dalam pembahasan mengenai pengetahuan terdapat istilah Manajemen Pengetahuan / *Knowledge Management*. Manajemen Pengetahuan (KM) adalah kegiatan pengelolaan pengetahuan yang mencakup menemukan, menangkap, berbagi dan menerapkan pengetahuan untuk meningkatkan dampak pengetahuan pada pencapaian tujuan organisasi. Menurut definisi KM, KM terdiri dari empat proses utama, yaitu *Knowledge Capture*, *Knowledge Discovery*, *Knowledge Sharing*, dan *Knowledge Application* (Fernandez & Sabherwal, 2010).



**Gambar 1.** Solusi dan Pondasi KM

Gambar 1 adalah Solusi dan Pondasi KM, dua aspek utama dari implementasi KM. Solusi KM mengacu pada aspek-aspek dari KM yang dapat diimplementasikan untuk menjadikan KM sebagai solusi atau membawa manfaat untuk organisasi. Solusi KM terdiri dari Proses KM dan Sistem KM (KMS). Sedangkan Pondasi KM adalah aspek organisasi yang luas yang mendukung Solusi KM. Pondasi KM terdiri dari Mekanisme KM, Teknologi KM, dan Infrastruktur KM (Fernandez & Sabherwal, 2010).



**Gambar 2.** Proses KM

Gambar 2 adalah alur Proses KM. Proses KM terdiri dari empat proses utama yaitu *Knowledge Discovery*, *Knowledge Capture*, *Knowledge Sharing*, dan *Knowledge Application*. *Knowledge Discovery* adalah pengembangan pengetahuan tacit atau eksplisit baru dari data dan informasi atau dari sintesis pengetahuan sebelumnya. *Knowledge Capture* adalah mengambil baik pengetahuan eksplisit atau tacit yang berada di dalam orang, artefak, atau entitas organisasi. *Knowledge Sharing* adalah proses di mana pengetahuan eksplisit atau tacit dikomunikasikan kepada individu lain. *Knowledge Application* adalah proses di mana pengetahuan digunakan dalam organisasi untuk membuat keputusan dan melakukan tugas, sehingga berkontribusi pada kinerja organisasi (Fernandez & Sabherwal, 2010).

Sistem Manajemen Pengetahuan (KMS) adalah suatu sistem dimana pondasi-pondasi KM mulai dari mekanisme KM, teknologi KM dan infrastruktur KM diintegrasikan untuk bisa menunjang proses KM.

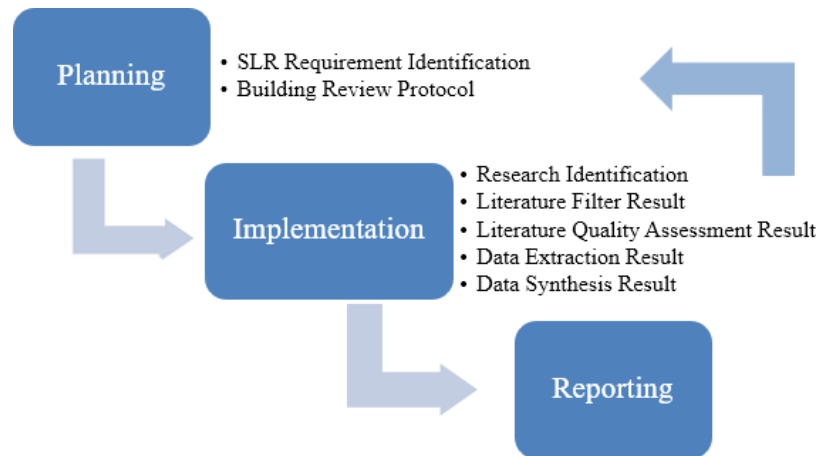
### **Analisis SWOT – Analisis Kelemahan dan Ancaman**

Analisis SWOT pertama kali dipresentasikan oleh konsultan bisnis dan manajemen Amerika Albert S. Humphrey. Analisis SWOT didefinisikan sebagai alat yang menangani situasi strategis yang kompleks dengan menyajikan dan mengatur informasi secara jelas untuk pengambilan keputusan. Metode analisis ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan, dan menghilangkan atau mengurangi kelemahan, serta mengevaluasi peluang dan mengidentifikasi ancaman yang akan dihadapi ketika menerapkan strategi (Büyüközkan et al., 2021).

Analisis SWOT mengandung empat faktor, yaitu *Strength* / Kekuatan, *Weakness* / Kelemahan, *Opportunity* / Peluang, dan *Threat* / Ancaman. Faktor-faktor tersebut dapat diklasifikasikan menjadi dua kriteria, yaitu internal dan eksternal. *Strength* dan *Weakness* merupakan faktor internal yang mempengaruhi strategi. Peluang dan Ancaman merupakan faktor eksternal yang mempengaruhi strategi (Elavarasan et al., 2020). Untuk meminimalkan risiko gagal, dua faktor negatif dalam dua kriteria harus diidentifikasi.

### III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR). SLR adalah proses iteratif yang mendokumentasikan semua studi yang tersedia yang relevan dengan topik tertentu (Kitchenham & Charters, 2007). Makalah ini mengadopsi langkah Kitchenham dan Charters untuk melaksanakan penelitian SLR. Metode tersebut memuat tiga langkah utama, yaitu perencanaan, pelaksanaan dan pelaporan.



**Gambar 3.** Langkah – langkah SLR Kitchenham dan Carters

Gambar 3 adalah alur penelitian SLR dalam makalah ini. Makalah ini menguraikan tiga langkah utama SLR oleh Kitchenham dan Charters menjadi delapan langkah, yaitu Identifikasi Kebutuhan SLR, Pembangunan Protokol Peninjauan, Identifikasi Penelitian, Hasil Filter Literatur, Hasil Penilaian Kualitas Literatur, Hasil Ekstraksi Data, Hasil Sintesis Data, dan Pelaporan.

#### Identifikasi Kebutuhan SLR

Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengidentifikasi mengapa makalah ini perlu melakukan SLR. Hasil dari langkah ini sudah tersedia di bagian pendahuluan tulisan ini. Dari bagian pendahuluan, pertanyaan penelitian diidentifikasi. Pertanyaan penelitian dari makalah ini adalah:

- Bagaimana perkembangan implementasi KM di SME?
- Apa Kelemahan dan Ancaman yang dihadapi peneliti dalam penerapan KM di SME?
- Apa saran bagi BPS dalam mengurangi resiko kegagalan implementasi KMS?

#### Pembangunan Protokol Peninjauan

Protokol peninjauan makalah yang akan di analisis pada makalah ini terdiri dari dua aktivitas yaitu, aktivitas pencarian dan pemilihan literatur dan aktivitas penilaian kualitas makalah. Pencarian literatur dilakukan dengan mencari lima situs pencarian literatur, yaitu IEEE

Xplore, Scopus, ScienceDirect, ProQuest, dan SAGE pub. Kata kunci yang digunakan adalah “*KM Implementation SME*”. Tahun publikasi makalah yang diperbolehkan untuk dianalisis dalam penelitian ini adalah tahun 2014 sampai 2019. Sumber literatur yang diambil adalah jurnal dan makalah konferensi. Berikut pencarian boolean penelitian ini berdasarkan format Scopus:

*TITLE-ABS-KEY ( km AND implementation AND sme ) AND DOCTYPE ( ar OR cp ) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2020.*

Untuk menemukan makalah yang relevan dan berkualitas, dilakukan penyaringan dan penilaian kualitas. Tabel di bawah ini merupakan kriteria inklusi dan eksklusi pada tahapan pemilihan makalah.

**Tabel 1.** Kriteria Inklusi dan Eksklusi Pemilihan Makalah Penelitian

<b>Langkah Pemilihan</b>	<b>Kriteria Inklusi</b>	<b>Kriteria Eksklusi</b>
Langkah 1. Inisiasi	Jurnal dan atau makalah konferensi, tahun terbit 2014 sampai 2019,	
Langkah 2. Pemilihan Berdasarkan Judul dan Abstrak	Studi Kasus, Makalah Penelitian, Implementasi KM di SME	Tinjauan Literatur, Meta Ethnografi, Kajian dan lain - lain
Langkah 3. Pemilihan Berdasarkan Isi Makalah	Implementasi KM di SME, menyebutkan kelemahan atau ancaman tentang pengimplementasian KM di studi kasusnya	tidak menyebutkan baik itu kelemahan maupun ancaman tentang pengimplementasian KM di studi kasusnya

Proses pemilihan makalah dalam penelitian ini menggunakan tiga langkah, yaitu pemilihan berdasarkan situs pencarian atau inisiasi, pemilihan berdasarkan judul dan abstrak, dan pemilihan berdasarkan isi makalah. Dalam proses inisiasi makalah ini menambahkan jenis dokumen dan kriteria publikasi tahun pada permintaan pencarian. Makalah yang ditemukan dari setiap sumber disimpan dalam Aplikasi Desktop Mendeley untuk membersihkan hasil dari duplikasi. Pada langkah 2 makalah dipilih berdasarkan judul dan abstrak. Makalah yang termasuk dalam makalah ini hanya Penelitian Studi Kasus, Makalah Penelitian dan menyebutkan tentang implementasi KM di SME dalam judul atau abstraknya. Tinjauan Literatur dan Makalah Tinjauan lainnya dikeluarkan dalam langkah ini. Pada langkah 3 makalah disaring berdasarkan isi makalahnya. Makalah yang termasuk dalam penelitian ini harus menyebutkan tentang kelemahan atau ancaman yang dihadapi oleh Studi Kasus selama implementasi KM. Untuk makalah yang tidak menyebutkan baik itu kelemahan ataupun ancaman yang dihadapi pada pengimplementasian KM di Studi Kasusnya maka akan dikeluarkan dari penelitian ini.

Untuk aktivitas penilaian kualitas makalah yang dilakukan setelah aktivitas pencarian dan pemilihan makalah. Penelitian ini menggunakan daftar periksa / *checklist* yang terdiri dari 7 pertanyaan.

**Tabel 2.** Pertanyaan *Checklist* Penilaian Kualitas

<i>Checklist</i>	Pertanyaan <i>Checklist</i>
C1	Apakah artikel tersebut menggambarkan tujuan penelitian dengan jelas?
C2	Apakah artikel menulis studi literatur, latar belakang penelitian dan konteks penelitian?
C3	Apakah artikel menampilkan karya terkait dari penelitian sebelumnya untuk menunjukkan kontribusi utama penelitian?
C4	Apakah artikel tersebut memiliki hasil penelitian?
C5	Apakah artikel menunjukkan kesimpulan yang relevan dengan tujuan / masalah penelitian?
C6	Apakah artikel tersebut merekomendasikan pekerjaan di masa depan atau perbaikan untuk masa depan?
C7	Apakah artikel menjelaskan Solusi KM dan Proses KM yang diimplementasikan dalam studi kasus?

Tabel di atas merupakan daftar pertanyaan dalam aktivitas penilaian kualitas. *Checklist* 1 (C1) sampai dengan *Checklist* 6 (C6) merupakan *checklist* kelengkapan makalah yang terpilih. C7 adalah *checklist* untuk kebutuhan ekstraksi data.

Setelah memilih dan menilai kualitas makalah yang dipilih, ekstraksi data dan sintesis data dilakukan. Makalah ini mengusulkan strategi ekstraksi data untuk mendapatkan gambaran pengetahuan tentang implementasi KM di SME. Strateginya adalah mendapatkan distribusi makalah yang dipilih berdasarkan tahun, dengan solusi KM yang diterapkan, dan Proses KM yang dicakup pada makalah terpilih. Tujuan dari strategi ini adalah untuk mendapatkan tiga pengetahuan yaitu tren penelitian tentang implementasi KM di SME, distribusi Solusi KM yang diusulkan oleh makalah terpilih, dan distribusi Proses KM yang dicakup oleh makalah terpilih. Untuk sintesis data penelitian ini, masalah penerapan KM di SME disintesis. Penelitian ini mengklasifikasikan permasalahan tersebut menjadi Kelemahan (internal) dan Ancaman (eksternal).

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Hasil Pemilihan Makalah

**Tabel 3.** Hasil Pemilihan Makalah

Source	Step 1	Step 2	Step 3
Scopus	23	9	6
Science Direct	64	6	5
SAGE Publications	102	8	8
IEEE Xplore	7	2	2
ProQuest	8	4	4
Total	<b>204</b>	<b>29</b>	<b>25</b>

Untuk tahap awal pemilihan makalah dengan pencarian boolean di lima situs pencarian makalah, ditemukan 204 makalah dalam penelitian ini. Tetapi setelah penyaringan judul dan abstrak pada langkah 2 banyak makalah yang dikeluarkan. Hasil dari tahap kedua adalah 29 makalah yang dimasukkan ke tahap pemilihan berikutnya. Akhirnya, setelah penyaringan langkah 3, hanya ada 25 makalah yang dipilih dalam penelitian ini.

##### Hasil Penilaian Kualitas Makalah

**Tabel 4.** Hasil Penilaian Kualitas Makalah

No	Makalah	Kriteria							Total
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
1	(Aghmiyoni & Salimi, 2015)	√			√	√	√	√	5
2	(Atrash et al., 2015)	√		√	√	√	√	√	6
3	(Barcelo-Valenzuela et al., 2016)	√	√	√	√	√	√	√	7
4	(Batista et al., 2019)	√	√		√	√	√	√	6
5	(Bolisani & Scarso, 2016)	√	√		√	√	√	√	6
6	(Casprini et al., 2017)	√	√		√	√	√	√	6
7	(Centobelli et al., 2018)	√			√	√	√	√	5
8	(Centobelli et al., 2019)	√	√		√	√	√	√	6
9	(Chawinga & Chipeta, 2017)	√	√	√	√	√	√	√	7
10	(Chigada & Ngulube, 2016)	√	√		√	√	√	√	6
11	(E Valdez et al., 2016)	√	√		√	√	√	√	6
12	(Fombad, 2014)	√	√		√	√	√	√	6
13	(Grimsdottir & Edvardsson, 2018)	√	√		√	√	√	√	6
14	(Hill et al., 2016)	√	√		√	√	√	√	6
15	(Hu et al., 2019)	√	√		√	√	√	√	6
16	(Khosravi et al., 2018)	√	√		√	√	√	√	6

17	(Lee & Wong, 2015)	√	√		√	√	√	√	6
18	(Mougin et al., 2015)	√	√		√	√	√	√	6
19	(Nair et al., 2015)	√	√	√	√	√	√	√	7
20	(Núñez et al., 2018)	√	√		√	√	√	√	6
21	(Peng et al., 2017)	√	√		√	√	√	√	6
22	(Perez-Soltero et al., 2016)	√	√		√	√	√	√	6
23	(Pokojski et al., 2019)	√	√	√	√	√	√	√	7
24	(Tikakul & Thomson, 2017)	√	√	√	√	√	√	√	7
25	(Zieba et al., 2016)	√		√	√	√	√	√	6

Tabel di atas merupakan hasil penilaian kualitas makalah terpilih. Semua makalah yang dipilih memiliki nilai benar pada *checklist 7*, artinya semua makalah menyebutkan tentang solusi KM yang diterapkan di SME dan Proses KM yang dicakup pada penelitian mereka. Untuk kriteria kelengkapan makalah (C1 sampai C6) ada makalah yang belum memuat penelitian terkait, namun sebagian besar memiliki bagian studi literatur untuk mencakup bagian penelitian terkait. Kesimpulan dari penilaian kualitas ini adalah semua makalah yang dipilih adalah artikel yang lengkap dan dapat mendukung ekstraksi data dalam penelitian ini.

### Hasil Ekstraksi dan Sintesis Data

**Tabel 5.** Hasil Ekstraksi Data Tahun Publikasi

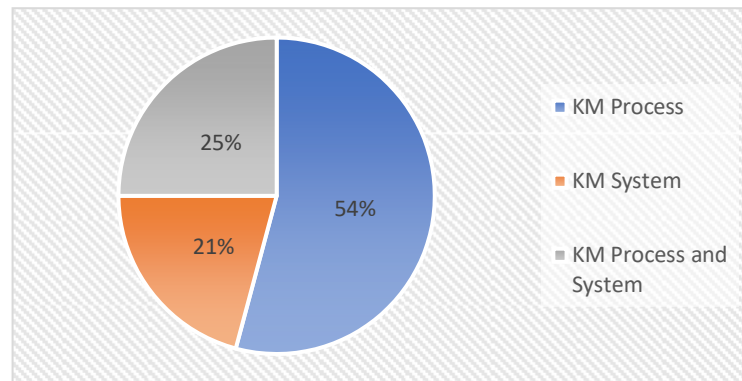
No	Tahun	Makalah	Jumlah
1	2014	(Fombad, 2014)	1
2	2015	(Aghmiyoni & Salimi, 2015), (Atrash et al., 2015), (Lee & Wong, 2015), (Mougin et al., 2015), (Nair et al., 2015)	5
3	2016	(Barcelo-Valenzuela et al., 2016), (Bolisani & Scarso, 2016), (Chigada & Ngulube, 2016), (E Valdez et al., 2016), (Hill et al., 2016), (Perez-Soltero et al., 2016), (Zieba et al., 2016)	7
4	2017	(Casprini et al., 2017), (Chawinga & Chipeta, 2017), (Peng et al., 2017), (Tikakul & Thomson, 2017)	4
5	2018	(Centobelli et al., 2018), (Grimsdottir & Edvardsson, 2018), (Khosravi et al., 2018), (Núñez et al., 2018)	4
6	2019	(Batista et al., 2019), (Centobelli et al., 2019), (Hu et al., 2019), (Pokojski et al., 2019)	4

Karena pada tahun 2014 hanya ada satu makalah, makalah ini mengecualikan (Fombad, 2014) makalah ini dalam analisis. Dari tabel di atas, modus tahun makalah yang dipilih adalah

pada tahun 2016, 7 makalah. Rata-rata, Makalah tentang implementasi KM di UKM dihasilkan 4 hingga 5 makalah per tahun.

**Tabel 6.** Hasil Ekstraksi Solusi KM

No	Solusi KM	Makalah	Jumlah
1	Proses KM	(Aghmiyoni & Salimi, 2015), (Batista et al., 2019), (Casprini et al., 2017), (Chawinga & Chipeta, 2017), (E Valdez et al., 2016), (Grimsdottir & Edvardsson, 2018), (Hill et al., 2016), (Hu et al., 2019), (Lee & Wong, 2015), (Mougin et al., 2015), (Nair et al., 2015), (Tikakul & Thomson, 2017), (Zieba et al., 2016)	13
2	Sistem KM	(Atrash et al., 2015), (Bolisani & Scarso, 2016), (Chigada & Ngulube, 2016), (Núñez et al., 2018), (Pokojski et al., 2019)	5
3	Proses dan Sistem KM	(Barcelo-Valenzuela et al., 2016), (Centobelli et al., 2018), (Centobelli et al., 2019), (Khosravi et al., 2018), (Peng et al., 2017), (Perez-Soltero et al., 2016)	6



**Gambar 4.** Distribusi Makalah Berdasarkan Jenis Solusi KM yang Dibahas

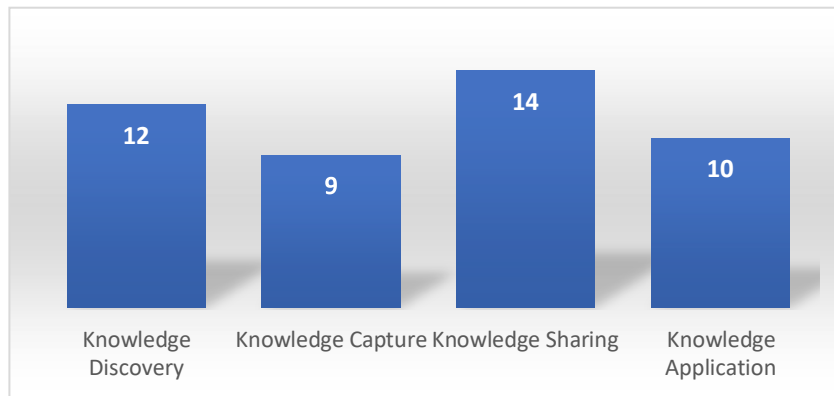
Dari Tabel dan Gambar di atas sebagian besar makalah yang dipilih membahas tentang Proses KM dalam penelitian mereka.

**Tabel 7.** Hasil Ekstraksi Proses KM

No	Proses KM	Makalah	Jumlah
1	Knowledge Discovery	(Aghmiyoni & Salimi, 2015), (Batista et al., 2019), (Casprini et al., 2017), (Centobelli et al., 2018), (Centobelli et al., 2019), (Chawinga & Chipeta, 2017), (E Valdez et al., 2016), (Grimsdottir & Edvardsson, 2018), (Khosravi et al., 2018), (Lee & Wong, 2015), (Nair et al., 2015), (Peng et al., 2017)	12
2	Knowledge Capture	(Barcelo-Valenzuela et al., 2016), (Batista et al., 2019), (Centobelli et al., 2018), (Centobelli et al., 2019), (Chawinga & Chipeta, 2017), (Khosravi et al., 2018), (Lee & Wong, 2015), (Peng et al., 2017), (Perez-Soltero et al., 2016)	9
3	Knowledge	(Batista et al., 2019), (Casprini et al., 2017), (Centobelli et al., 2018),	14

	Sharing	(Centobelli et al., 2019), (Chawinga & Chipeta, 2017), (Grimsdottir & Edvardsson, 2018), (Hill et al., 2016), (Hu et al., 2019), (Khosravi et al., 2018), (Lee & Wong, 2015), (Mougin et al., 2015), (Peng et al., 2017), (Tikakul & Thomson, 2017), (Zieba et al., 2016)	
4	Knowledge Application	(Aghmiyoni & Salimi, 2015), (Batista et al., 2019), (Centobelli et al., 2018), (Centobelli et al., 2019), (Chawinga & Chipeta, 2017), (Khosravi et al., 2018), (Lee & Wong, 2015), (Peng et al., 2017), (Perez-Soltero et al., 2016), (Zieba et al., 2016)	10

Pembahasannya bisa berupa evaluasi, faktor-faktor yang mempengaruhi, pemodelan, dll. Setelah mengekstraksi Solusi KM dari makalah-makalah terpilih, ada 19 makalah yang membahas Proses KM dalam artikelnya. Makalah ini mengategorikan Proses KM mana yang dibahas dalam 19 makalah tersebut.



**Gambar 5.** Jumlah Diskusi Proses KM pada Makalah Terpilih

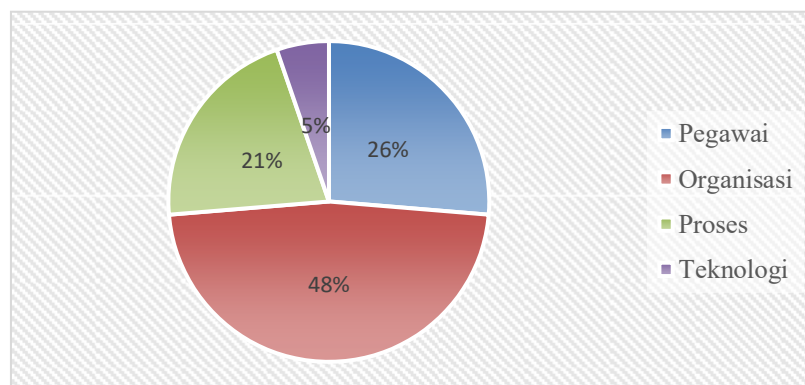
Dari tabel dan gambar di atas, knowledge sharing merupakan Proses KM yang paling banyak dibahas. Ada 14 dari 19 makalah yang membahas knowledge sharing. Gambar di atas juga menunjukkan bahwa semua Proses KM dibahas hampir merata. Tidak ada satu KM Proses yang selalu dibahas (semua 19 makalah) atau jarang dibahas (kurang dari 5 makalah). Dari data ekstraksi jenis Proses KM yang dibahas dapat disimpulkan bahwa setiap jenis Proses KM sangat penting untuk diimplementasikan ketika ingin mengimplementasikan Solusi Proses KM.

Dari 25 makalah terpilih telah diekstrak kelemahan dan tantangan ketika melakukan penelitian mengenai implementasi KM di SME. Pada Penelitian ini terdapat 24 makalah yang menyebutkan kelemahan (faktor internal). Sedangkan untuk ancaman (faktor eksternal) hanya ditemukan di 13 makalah. tabel 8 berikut adalah hasil ekstraksi data kelemahan yang dihadapi ketika implementasi KM di 24 makalah terpilih.

**Tabel 8.** Hasil Ekstraksi Kelemahan pada Implementasi KM

No	Kelemahan
1	Kurangnya kesadaran pegawai terhadap pentingnya KM
2	Kurangnya kesadaran organisasi terhadap pentingnya KM
3	Keterbatasan waktu dalam melakukan riset implementasi KM
4	Kurangnya pelatihan / pelaksanaan untuk pencarian knowledge ketika bekerja
5	Knowledge yang dibagikan pegawai kurang reliable
6	Kurangnya kesadaran organisasi untuk mengembangkan knowledge
7	Kurangnya biaya dalam mengembangkan KM
8	Kurangnya pengetahuan organisasi untuk memilih KMS yang terbaik untuk mensupport proses KM Organisasi
9	Kurangnya pengetahuan pegawai untuk menggunakan KMS
10	Kurangnya kemampuan pegawai dalam menyampaikan knowledge yang ada di dirinya
11	Kurangnya pengetahuan organisasi dalam mengidentifikasi knowledge penting yang sangat dibutuhkan
12	Kurangnya kemampuan organisasi dalam mengelola retensi knowledge (mana knowledge yang sudah usang dan yang masih digunakan)
13	Tidak ada atau kurangnya biaya untuk pelatihan pegawai terkait inovasi yang berhubungan dengan pekerjaannya
14	Kurangnya strategi formal organisasi dalam implementasi KM
15	Kurangnya jumlah pegawai
16	Dinamika individu pegawai yang sangat dinamis
17	Kurangnya komitmen organisasi dalam pengembangan KM
18	Kurangnya infrastruktur IT yang mendukung pengembangan KMS
19	Banyaknya beban kerja

Selanjutnya 19 kelemahan yang ditemukan pada penelitian ini dikategorikan berdasarkan akar masalahnya apakah dari pegawai, organisasi, proses atau dari teknologi. Sehingga didapatkan hasil sebagaimana gambar 6 berikut.



**Gambar 6.** Distribusi Kelemahan pada Implementasi KM berdasarkan Kategori Akar Masalah

Dari hasil ekstraksi data kelemahan, akar permasalahan yang paling besar adalah di permasalahan Organisasi. Kurangnya awareness organisasi akan pentingnya KM dan kurangnya biaya menjadi permasalahan yang sering muncul di makalah yang terpilih dari penelitian ini. Untuk posisi kedua akar permasalahan juga muncul di pegawai. Kurangnya awareness dan pengetahuan pegawai akan KM menjadi kelemahan yang tidak boleh diabaikan menurut penelitian ini.

**Tabel 9.** Hasil Ekstraksi Ancaman pada Implementasi KM

No	Ancaman
1	Tidak adanya satu teknologi yang diakui menjadi tool untuk pencatatan knowledge seluruh pegawai SME
2	Ego organisasi lain untuk tidak berbagi pengetahuan dengan organisasi kita
3	Belum adanya sistem koordinasi untuk berbagi pengetahuan dengan organisasi lain yang disupport pemerintah pusat
4	Kebanyakan sistem yang baru membutuhkan infrastruktur khusus yang kompatibel
5	Belum adanya mekanisme formal dalam berbagi pengetahuan dengan organisasi lain / partner
6	Keberagaman sifat dari SME sehingga tidak ada contoh yang bisa dipakai untuk semua SME
7	Keterbatasan sistem yang dipakai sekarang dibandingkan dengan perkembangan IT saat ini
8	Belum adanya perlindungan secara formal terhadap knowledge penting organisasi

Tabel 9 ini merupakan hasil ekstraksi data ancaman yang dihadapi SME pada Implementasi KM. Setelah dilakukan ekstraksi data ancaman pada 13 makalah terpilih yang menyebutkan adanya ancaman implementasi KM, ditemukan 8 ancaman yang dihadapi pada implementasi KM. Faktor budaya di daerah, kerangka hukum dalam perlindungan dan proses berbagi pengetahuan, serta tren teknologi menjadi tiga faktor utama permasalahan ancaman pada implementasi KM di SME.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan proses SLR yang telah dilakukan pada penelitian ini. Dapat disimpulkan bahwa untuk mengimplementasikan Solusi KM pada SME yang perlu untuk diimplementasikan dulu adalah solusi proses KM dan proses KM yang paling banyak referensinya adalah proses *Knowledge Sharing* atau berbagi pengetahuan. Sehingga penelitian ini menyarankan jika BPS Provinsi Sumatera Utara ingin mengimplementasikan solusi KM, sebaiknya mengimplementasikan proses *knowledge sharing* yang terorganisir baik itu Standar Operasional dan Prosedur (SOP) dan susunan organisasinya sesuai dengan teori KM.

Berdasarkan hasil ekstraksi data kelemahan yang dilakukan pada penelitian ini, didapatkan bahwa permasalahan kelemahan organisasi baik itu dari segi awareness dan biaya

sangat sering ditemukan pada proses implementasi KM. Selain itu permasalahan kelemahan yang bersumber dari pegawai juga menjadi kelemahan yang tidak boleh diabaikan pada proses implementasi KM. Permasalahan itu bisa berupa kurangnya kompetensi pegawai mengenai KM maupun awareness pegawai akan pentingnya KM. Dari temuan ini penulis menyimpulkan bahwa sebelum BPS Provinsi Sumatera Utara mengimplementasikan KM perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kesiapan (*readiness*) BPS Provinsi Sumatera Utara untuk mengimplementasikan KM terutama kesiapan organisasi dan pegawainya.

Terakhir mengenai hasil ekstraksi data ancaman pada penelitian ini menunjukkan bahwa ada tiga faktor penting yang mengancam proses implementasi KM yaitu budaya wilayah, payung hukum mengenai perlindungan pengetahuan penting dan tren teknologi. Dari temuan ini penulis menyimpulkan bahwa pada implementasi KM di BPS Provinsi Sumatera Utara nantinya harus sensitif terhadap tiga faktor itu dan mampu untuk beradaptasi dengan baik atas ancaman yang dirasakan sehingga implementasi KM di BPS Provinsi Sumatera Utara mengikuti tren teknologi, sesuai payung hukum dan juga mampu diterapkan di lingkungan Provinsi Sumatera Utara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aghmiyoni, M. T., & Salimi, H. (2015). A new applicable knowledge management model to develop innovativeness in a small and medium-sized enterprise research and development center. *2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2015.7885192>
- Atrash, A., Abel, M.-H., Moulin, C., Darène, N., Huet, F., & Bruaux, S. (2015). Note-taking as a main feature in a social networking platform for small and medium sized enterprises. *Computers in Human Behavior*, *51*, 705–714. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.010>
- Barcelo-Valenzuela, M., Carrillo-Villafañá, P. S., Perez-Soltero, A., & Sanchez-Schmitz, G. (2016). A framework to acquire explicit knowledge stored on different versions of software. *Information and Software Technology*, *70*, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.09.007>
- Batista, L., Dora, M., Toth, J., Molnár, A., Malekpoor, H., & Kumari, S. (2019). Knowledge management for food supply chain synergies—a maturity level analysis of SME companies. *Production Planning and Control*, *30*(10–12), 995–1004. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1582104>
- Bolisani, E., & Scarso, E. (2016). Factors affecting the use of wiki to manage knowledge in a small company. *Journal of Knowledge Management*, *20*(3), 423–443. <https://doi.org/10.1108/JKM-05-2015-0205>
- Brackett, M., & Earley, P. S. (2009). *The DAMA Guide to The Data Management Body of Knowledge (DAMA-DMBOK Guide)*.
- Büyüközkan, G., Mukul, E., & Kongar, E. (2021). Health tourism strategy selection via SWOT analysis and integrated hesitant fuzzy linguistic AHP-MABAC approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, *74*, 100929.
- Casprini, E., De Massis, A., Minin, A. Di, Frattini, F., & Piccaluga, A. (2017). How family firms execute open innovation strategies: the Loccioni case. *Journal of Knowledge Management*, *21*(6), 1459–1485. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/JKM-11-2016-0515>

- Centobelli, P., Cerchione, R., & Esposito, E. (2018). Aligning enterprise knowledge and knowledge management systems to improve efficiency and effectiveness performance: A three-dimensional Fuzzy-based decision support system. *Expert Systems with Applications*, 91, 107–126. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.08.032>
- Centobelli, P., Cerchione, R., & Esposito, E. (2019). Efficiency and effectiveness of knowledge management systems in SMEs. *Production Planning and Control*, 30(9), 779–791. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1582818>
- Chawinga, W. D., & Chipeta, G. T. (2017). A synergy of knowledge management and competitive intelligence: A key for competitive advantage in small and medium business enterprises. *Business Information Review*, 34(1), 25–36. <https://doi.org/10.1177/0266382116689171>
- Chigada, J., & Ngulube, P. (2016). A comparative analysis of knowledge retention strategies at selected banks in South Africa. *Business Information Review*, 33(4), 221–227. <https://doi.org/10.1177/0266382116683892>
- E Valdez, L., García-Pérez de Lema, D., & Maldonado-Guzmán, G. (2016). Management of Knowledge, Innovation and Performance in SMEs. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 11, 141–176. <https://doi.org/10.28945/3455>
- Elavarasan, R. M., Afridhis, S., Vijayaraghavan, R. R., Subramaniam, U., & Nurunnabi, M. (2020). SWOT analysis: A framework for comprehensive evaluation of drivers and barriers for renewable energy development in significant countries. *Energy Reports*, 6, 1838–1864.
- Fernandez, I. B., & Sabherwal, R. (2010). *Knowledge management systems and processes*. ME Sharpe, Inc.
- Fombad, M. (2014). Knowledge management in law firms in Botswana: Some lessons for small law firms. *Journal of Librarianship and Information Science*, 48(1), 60–71. <https://doi.org/10.1177/0961000614536428>
- Grimsdottir, E., & Edvardsson, I. R. (2018). Knowledge Management, Knowledge Creation, and Open Innovation in Icelandic SMEs. *SAGE Open*, 8(4), 2158244018807320. <https://doi.org/10.1177/2158244018807320>
- Hill, A., Scott, J., Moyes, D., & Smith, R. (2016). Supporting knowledge exchange in rural business—A case story from Dumfries and Galloway, Scotland. *Local Economy*, 31(7), 812–824. <https://doi.org/10.1177/0269094216669110>
- Hu, Q., Williams, S., Mason, R., & Found, P. (2019). Knowledge management in consultancy-involved process improvement projects: cases from Chinese SMEs. *Production Planning and Control*, 30(10–12), 866–880. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1582095>
- Khosravi, A., Hussin, A. R. C., & Nilashi, M. (2018). Toward software quality enhancement by Customer Knowledge Management in software companies. *Telematics and Informatics*, 35(1), 18–37. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.09.007>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature reviews in Software Engineering Version 2.3. In *Engineering* (Vol. 45, Issue 4ve). Keele University. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134500>
- Lee, C. S., & Wong, K. Y. (2015). Knowledge management performance measurement in micro-, small-, and medium-sized enterprises: An exploratory study. *Business Information Review*, 32(4), 204–211. <https://doi.org/10.1177/0266382115615262>
- Mougin, J., Boujut, J.-F., Pourroy, F., & Poussier, G. (2015). Modelling knowledge transfer: A knowledge dynamics perspective. *Concurrent Engineering*, 23(4), 308–319. <https://doi.org/10.1177/1063293X15592185>
- Nair, A. C., Ramalingam, S., & Ravi, A. (2015). Knowledge Creation within the Automobile Industry. *International Journal of Engineering Business Management*, 7, 16. <https://doi.org/10.5772/61090>
- Núñez, D., Ferrada, X., Neyem, A., Serpell, A., & Sepúlveda, M. (2018). A User-Centered Mobile Cloud Computing Platform for Improving Knowledge Management in Small-to-Medium Enterprises in the Chilean Construction Industry. *Applied Sciences*, 8(4), 516. <https://doi.org/10.3390/app8040516>

- Peng, G., Wang, H., Zhang, H., Zhao, Y., & Johnson, A. L. (2017). A collaborative system for capturing and reusing in-context design knowledge with an integrated representation model. *Advanced Engineering Informatics*, 33, 314–329. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2016.12.007>
- Perez-Soltero, A., Galvez-Leon, H., Barcelo-Valenzuela, M., & Sanchez-Schmitz, G. (2016). A methodological proposal to benefit from team knowledge: An experience in a Mexican SME dedicated to the design of electromechanical devices. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 46(3), 298–318. <https://search.proquest.com/docview/1990825539?accountid=17242>
- Pokojski, J., Oleksiński, K., & Pruszyński, J. (2019). Conceptual and detailed design knowledge management in customized production – Industrial perspective. *Journal of Computational Design and Engineering*, 6(4), 479–506. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcde.2019.02.004>
- Tikakul, C. T., & Thomson, A. (2017). Knowledge sharing in Thai SMEs in manufacturing sector. *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1072–1076. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290057>
- Zieba, M., Bolisani, E., & Scarso, E. (2016). Emergent approach to knowledge management by small companies: multiple case-study research. *Journal of Knowledge Management*, 20(2), 292–307. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/JKM-07-2015-0271>

## **SIKLUS BISNIS EKSPOR MINYAK KELAPA SAWIT NASIONAL: ANALISIS RANTAI MARKOV DAN MODEL DATA PANEL**

### *National Palm Oil Export Business Cycle: Markov Chain Analysis and Panel Data Models*

Deltha Airuzsh Lubis, Yongky Choirul Anam  
Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, E-mail: [deltha@bps.go.id](mailto:deltha@bps.go.id)

#### **ABSTRAK**

Pandemi covid-19 menjadi penyebab terjadinya kontraksi ekonomi baik di skala global maupun nasional yang hampir terjadi di semua lapangan usaha, kecuali sektor pertanian yang terus bertahan dengan penggerak utama kegiatan perkebunan. Minyak kelapa sawit sebagai salah satu produk industri manufaktur yang berbahan baku komoditas perkebunan menunjukkan perkembangan nilai ekspor dengan tren yang terus meningkat. Penelitian ini mengkaji bagaimana stabilitas siklus bisnis ekspor minyak kelapa sawit nasional, serta faktor yang mempengaruhinya berdasarkan indikator makro ekonomi dan pemanfaatan dukungan *google trends*. Berdasarkan hasil analisis rantai markov, dalam jangka panjang ekspor minyak kelapa sawit tumbuh positif dengan peluang sekitar 51,7 persen. Pemanfaatan *google trends* menunjukkan adanya korelasi kata kunci (“manufacturing industry”, “inflation”, “total population”, “industri”) dengan ekspor minyak kelapa sawit. Hasil analisis regresi data panel dengan model estimasi *Random Effect* menunjukkan bahwa nilai kurs rupiah terhadap negara tujuan ekspor berpengaruh negatif dan signifikan terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia, sedangkan konsumsi rumah tangga negara tujuan dan harga CPO dunia berpengaruh positif dan signifikan. India dan Belanda memiliki efek paling besar pada ekspor minyak kelapa sawit nasional.

**Kata Kunci:** Ekspor, *Google Trends*, Minyak Kelapa Sawit, *Random Effect*, Rantai Markov

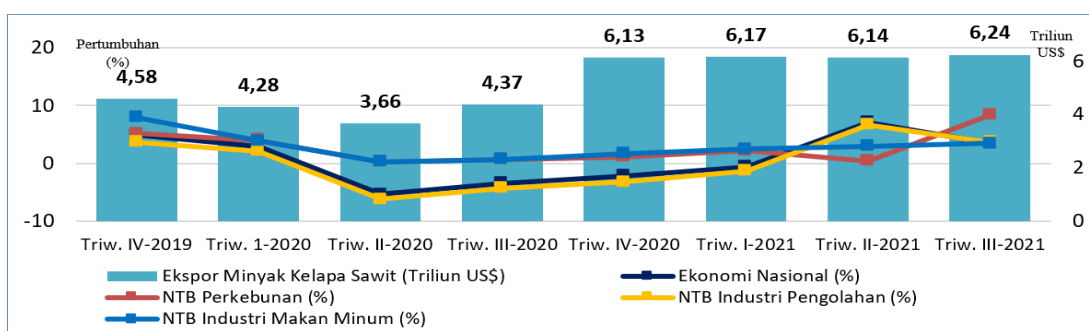
#### **ABSTRACT**

*The COVID-19 pandemic has caused economic shocks both on a global and national scale. The national economy contracted in almost all business fields, but agriculture continued to grow positively, driven by plantation activities. Palm oil as one of the products of the food and beverage industry in which one of the raw materials comes from plantations shows a persistent growing trend of export value. This study examines the stability of the national palm oil export business cycle, as well as the factors that influence based on macro variables and the use of google trends as supporting data. Based on the results of the Markov chain analysis, in the long term palm oil exports grew positively around 51.7%. The use of google trends shows a correlation of keywords (“manufacturing industry”, “inflation”, “total population”, “industry”) with palm oil exports. The results of panel data regression analysis with Random Effect estimation model show that the value of the rupiah exchange rate against export destination countries has a negative and significant effect on Indonesian palm oil exports. Meanwhile, household consumption of destination countries and world CPO prices have a positive and significant impact. Furthermore, India and the Netherlands have the greatest effect on national palm oil exports.*

**Keyword:** Export, *Google Trends*, Markov Chain, Palm Oil, *Random Effect*

## I. PENDAHULUAN

Pandemi covid-19 telah menyebabkan terjadinya kontraksi ekonomi nasional sejak triwulan II-2020 hingga triwulan I-2021 yang hampir terjadi di semua lapangan usaha. Namun perkebunan menjadi salah satu sub lapangan usaha yang tetap tumbuh positif dan menjadi penopang pertanian nasional dengan kontribusi sebesar 26,49 persen terhadap pertanian. Aktivitas perkebunan nasional didominasi oleh komoditas kelapa sawit dengan volume produksi minyak sawit sekitar 32,19 ribu ton pada tahun 2019 dan sekitar 31,99 ribu ton (Sukirno, 2006). Sementara itu, komoditas perkebunan lainnya tidak mencapai seribu ton setiap tahunnya, seperti karet, kopi, teh, maupun tebu. Hasil perkebunan tersebut merupakan bahan baku dalam kegiatan industri pengolahan sebagai mata rantai dalam perekonomian nasional.



Sumber: BPS, 2021 (data diolah)

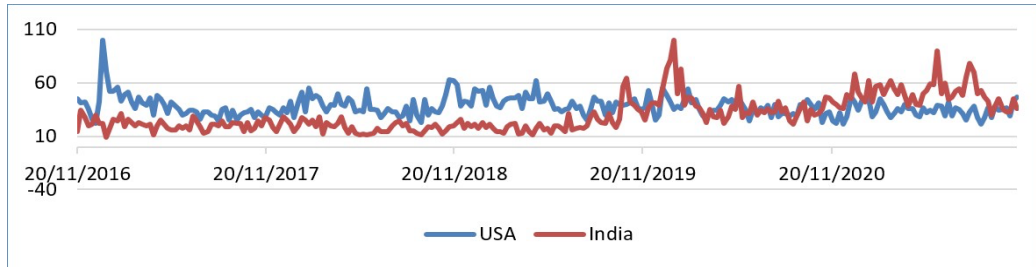
**Gambar 1.** Pertumbuhan Ekonomi, Perkebunan, Industri Pengolahan, Industri Makan Minum dan Perkembangan Ekspor Minyak Kelapa Sawit Nasional

Pada Gambar 1, tampak bahwa kontraksi ekonomi nasional sejak triwulan II-2021 didorong oleh lapangan usaha industri pengolahan yang memiliki peran utama dalam perekonomian nasional. Grafik perekonomian nasional di triwulan selanjutnya memiliki pola yang tidak berbeda jauh dengan pola pertumbuhan industri pengolahan. Meskipun industri pengolahan secara umum terkontraksi cukup dalam selama kondisi pandemi, namun industri makan minum menunjukkan pertumbuhan yang positif dan mengalami akselerasi hingga triwulan III-2021 meskipun sedikit melambat pada awal pandemi. Kondisi tersebut sejalan dengan perkembangan ekspor minyak kelapa sawit sebagai salah satu produk industri makan minum. Ekspor minyak kelapa sawit terus berkembang dan cenderung stabil selama masa pandemi hingga triwulan III-2021 (kondisi sampai dengan Agustus 2021) meskipun perekonomian negara tujuan ekspor (BPS, 2021a) masih mengalami kontraksi hingga triwulan IV-2021 (*y-on-y*) seperti Amerika Serikat (-2,4%), Singapura (-2,4%), dan Uni Eropa (-4,6%). Hal ini menunjukkan komoditas minyak kelapa sawit nasional tetap stabil dan bertahan di masa pandemi padahal perekonomian nasional maupun global sedang terguncang.

Dalam beberapa studi, minyak kelapa sawit merupakan salah satu produk ekspor unggulan nasional dan memiliki daya saing terhadap negara lainnya. Minyak kelapa sawit (CPO) yang berasal dari Indonesia memiliki keunggulan komparatif yang lebih tinggi daripada negara-negara penghasil CPO di dunia berdasarkan analisis RCA (*Revealed Comparative Advantage*) dengan nilai diatas 1 (Andi Alatas, 2015). Pangsa pasar ekspor CPO lokal juga memiliki daya saing berdasarkan analisis dengan RCA meskipun terjadi penurunan tren indeks (Saragih et al., 2013). Pada tahun 2020, ekspor CPO Indonesia mencapai 5.105,31 juta US\$ dengan kontribusi sebesar 46,8 persen dari total ekspor CPO di dunia. Adapun negara kedua dengan ekspor CPO terbesar yaitu Malaysia sebesar 3.359,16 juta US\$, kemudian diikuti Guatemala sebesar 410,11 juta\$, Papua Nugini sebesar 339,2 juta US\$, dan Kolombia sebesar 336,51 juta US\$. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia merupakan negara pengekspor CPO terbesar di dunia.

Bertahannya ekspor minyak kelapa sawit di kondisi pandemi menjadi menarik dikaji lebih lanjut untuk menganalisis stabilitasnya di masa yang akan datang. Stabilitas tersebut dapat dilihat dengan pendekatan pertumbuhan ekspor minyak kelapa sawit antar periode waktu apakah mengalami kontraksi, tumbuh melambat, atau tumbuh cepat/ akselerasi. Hal ini merupakan proksi dari konsep siklus bisnis yang merupakan fluktuasi ekonomi pada total output nasional, pendapatan, dan ketenagakerjaan. Biasanya berlangsung selama periode 2 hingga 10 tahun yang ditandai oleh kontraksi atau ekspansi yang tersebar luas pada kebanyakan sektor ekonomi (Samuelson et al., 1995). Siklus bisnis umumnya menunjukkan 4 fase antara lain depresi (*depression*), pemulihan (*recovery*), kemakmuran (*prosperity*), dan resesi (*recession*). Stabilitas dari siklus bisnis ekspor minyak kelapa sawit juga turut dipengaruhi oleh faktor endogen dalam negeri maupun eksogen luar negeri. Beberapa penelitian telah memanfaatkan berbagai indikator makro ekonomi dunia seperti harga CPO dunia, nilai tukar, inflasi, kondisi industri negara tujuan, populasi penduduk negara tujuan, jumlah pengeluaran konsumsi rumah tangga negara tujuan untuk mengkaji efeknya terhadap ekspor minyak kelapa sawit seperti yang telah dilakukan Fosu & Magnus (2008), Saragih et al. (2013), Hardy (2015), Andi Alatas (2015), serta Paramartha & Setyari (2020).

Kondisi ekonomi negara tujuan juga menjadi hal yang penting diperhatikan dalam menyusun strategi ekspor ke negara tujuan. Setiap negara tujuan ekspor memiliki efek yang berbeda terhadap permintaan minyak kelapa sawit dari Indonesia yang bergantung pada karakteristik makro ekonominya. Identifikasi bagaimana efek dari setiap negara tujuan terhadap performa ekspor minyak kelapa sawit menjadi hal yang tidak kalah penting dalam menjaga stabilitas siklus bisnis ekspor minyak kelapa sawit nasional.



**Gambar 2.** Indeks Google Trends dengan Kata Kunci “Palm Oil” di USA dan India

Teknologi internet yang semakin maju telah menghubungkan setiap sudut dunia dan menciptakan interaksi masyarakat dunia tanpa harus hadir di lokasi yang sama. Aktivitas pengguna internet tersimpan menjadi data yang begitu besar ragam, volume maupun pertumbuhannya. Fenomena tersebut dimanfaatkan oleh Google sebagai salah satu perusahaan internet yang sangat masif digunakan saat ini. Segala bentuk pencarian di mesin pencarian Google telah dikuantifikasi menjadi indeks *Google Trends* yang dapat dimanfaatkan secara terbuka. Informasi mengenai minyak kelapa sawit juga menjadi hal yang mendapat perhatian masyarakat dunia seperti kata kunci “palm oil” indeks *Google Trends* yang disajikan pada Gambar 2. Pemanfaatan *Google Trends* dalam penelitian juga telah dilakukan Patricia (2021) untuk Peramalan Laju PDB Indonesia menggunakan metode NN dan *eXtreme Gradient Boosting* dengan tingkat eror 33,461%. (Nuti et al. (2014) melakukan studi literatur penggunaan google trends dan menghasilkan kesimpulan bahwa *Google Trends* dapat digunakan untuk mempelajari fenomena kesehatan dari berbagai topi yang dihasilkan oleh pencarian *Google*.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini mengkaji bagaimana peluang siklus bisnis ekspor minyak kelapa sawit Indonesia dalam jangka panjang serta indikator makro ekonomi apa saja yang mempengaruhinya serta bagaimana efek dari negara tujuan ekspor. Selain itu, penelitian ini juga mengeksplorasi bagaimana *Google Trends* dapat dimanfaatkan sebagai pendukung statistik resmi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### Ekspor dan Faktor yang Memengaruhinya

Teori perdagangan internasional dikembangkan teori Klasik dan teori Modern. Teori klasik dipelopori oleh Adam Smith, John Stuart Mill, dan David Ricardo dengan pendekatan teori permintaan dan penawaran. Teori Adam Smith menitikberatkan pada tenaga kerja sebagai satu-satunya faktor produksi padahal kenyataannya faktor produksi tidak hanya satu dan mobilitas tenaga kerja tidak bebas. Sementara itu, Jhon Stuart Mill menitikberatkan pada konsep *Comparative Advantage* dan *Comparative Disadvantage*. Sedangkan David Richardo menitikberatkan pada *Cost Comparative Advantage* atau efisiensi tenaga kerja, dimana perdagangan internasional bermanfaat jika biaya produksi lebih efisien sehingga perlu dilakukan spesialisasi produksi dan ekspor barang. Sementara itu, Heckscher-Ohlin mengemukakan bahwa

suatu negara akan melakukan perdagangan dengan negara lain karena memiliki keunggulan komparatif dalam teknologi dan faktor produksi (Pujoalwanto, 2014).

Sukirno (2006) mengemukakan bahwa ekspor didefinisikan sebagai pengiriman dan penjualan barang-barang buatan dalam negeri ke negara-negara lain. Pengiriman tersebut menimbulkan aliran pengeluaran yang masuk ke sektor perusahaan, sehingga pengeluaran agregat akan meningkat sebagai akibat kegiatan mengekspor barang dan jasa, pada akhirnya keadaan ini akan menyebabkan peningkatan dalam pendapatan nasional.

Mankiw (2015) menyebutkan bahwa terdapat beberapa faktor yang memengaruhi permintaan ekspor, diantaranya, harga barang yang akan diekspor, harga barang lain yang sangat berkaitan erat dengan barang tersebut, ramalan yang akan terjadi di masa yang akan datang, pendapatan rumah tangga dan pendapatan rata-rata masyarakat, maupun jumlah penduduk. Nilai tukar terhadap mata uang negara lain, pendapatan dan output luar negeri juga memengaruhi permintaan ekspor suatu negara. Apabila output luar negeri meningkat atau nilai tukar terhadap mata uang negara lain menurun, maka volume dan nilai ekspor suatu negara akan cenderung meningkat, demikian juga sebaliknya. Faktor utama ekspor suatu negara secara tidak langsung ditentukan oleh perubahan nilai tukar mata uang suatu negara terhadap negara lain (Salvatore, 2012:122).

Sukirno (2011:397) membagi sistem nilai tukar menjadi 2 (dua) sistem, yaitu sistem kurs tetap dan sistem kurs fleksibel. Sistem kurs tetap (*fixed exchange rate*) dilakukan oleh bank sentral dengan menetapkan nilai berbagai mata uang asing dan tidak dapat diubah dalam jangka masa yang lama. Kurs tersebut berbeda dengan kurs yang ditetapkan melalui pasar bebas. Sedangkan sistem kurs fleksibel adalah penentuan nilai mata uang asing yang ditetapkan berdasarkan perubahan permintaan dan penawaran di pasaran valuta asing dari hari ke hari.

Selanjutnya, dalam aktivitas bisnis, penetapan harga suatu barang maupun jasa merupakan hal penting yang harus ditetapkan di awal agar seluruh pihak bisa menentukan strategi dalam kegiatan jual beli serta mendapatkan hasil yang memuaskan dengan penetapan harga yang disetujui. Harga didefinisikan sebagai sejumlah uang yang dibebankan atas suatu produk, jasa atau jumlah dari nilai yang ditukarkan oleh konsumen atas manfaat-manfaat karena memiliki atau menggunakan produk atau jasa tersebut (Kotler and Armstrong, 2010:314).

Penawaran akan barang ekspor juga dipengaruhi oleh tingkat harga dari barang ekspor tersebut (Sukirno, 2010:58). Harga ekspor merupakan harga suatu barang yang berlaku saat terjadinya perdagangan antar negara.

Lipsey dkk. dalam Maulana dan Kartiasih (2017:105) menjelaskan bahwa jumlah penduduk berkaitan erat dengan banyaknya permintaan komoditas. Peningkatan jumlah penduduk suatu negara searah pula dengan peningkatan jumlah komoditas yang dibeli. Jika

negara tersebut tidak dapat memenuhi permintaan dari dalam negeri maka negara tersebut akan melakukan impor. Hal tersebut akan memberi keuntungan bagi negara eksportir.

Menurut Rahardja dan Manurung (2015:359), inflasi adalah kenaikan harga barang-barang secara umum dan terus-menerus. Harga suatu komoditas dikatakan naik jika lebih mahal dari pada harga periode sebelumnya. Inflasi merupakan salah satu indikator ekonomi suatu negara. Inflasi menyebabkan ekonomi menjadi lesu karena harga barang dan kebutuhan pokok terus melambung. Meningkatnya harga bahan baku menyebabkan para produsen akan mengalami penurunan kuantitas produksi dan pada akhirnya akan memengaruhi nilai.

### ***Google Trends***

*Google trends* adalah bagian dari fitur Google yang menyajikan indeks dari suatu kata kunci tertentu yang merupakan agregasi sejumlah sampel atas banyaknya pencarian kata kunci tertentu pada mesin pencarian google dalam interval waktu tertentu maupun regional tertentu. Data sampel terhadap hasil penelusuran ini tidak ada yang teridentifikasi secara pribadi, kemudian dikategorikan berdasarkan topik dari kueri penelusuran, dan selanjutnya dikelompokkan/diagregasi. *Google trends* menunjukkan minat pengguna pada topik tertentu dari seluruh dunia hingga wilayah geografi tertentu dari suatu negara. Data *google trends* dapat digunakan untuk memprediksi suatu topik dalam jangka pendek, namun tidak efektif jika digunakan untuk jangka panjang.

### **Penelitian Terdahulu**

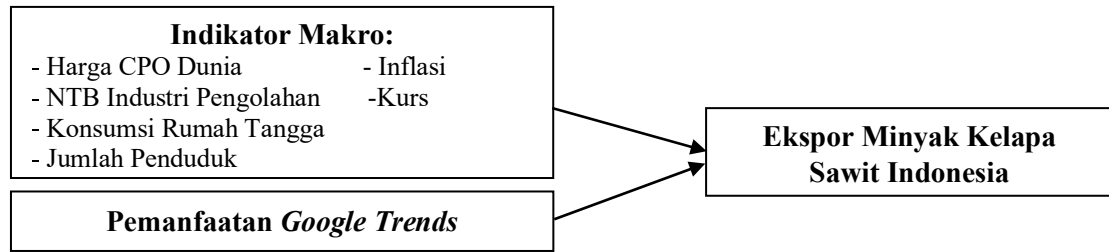
Jhon Hardy (2015) pada penelitiannya mengenai Analisis Determinan Ekspor *Crude Palm Oil* (CPO) Indonesia ke Uni Eropa dengan analisis simultan menemukan bahwa variabel yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap ekspor CPO Indonesia ke Uni Eropa yaitu nilai tukar rupiah terhadap dollar AS, produksi CPO domestik, pendapatan perkapita Uni Eropa, produksi minyak makan Uni Eropa, dan harga minyak mentah dunia. Sementara itu, Andi Alatas (2015) dalam penelitiannya mengenai Trend Produksi dan Ekspor Minyak Sawit (CPO) Indonesia dengan analisis regresi linier berganda runtun waktu diperoleh bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi ekspor CPO ke negara India adalah harga CPO domestik dan harga CPO Internasional, nilai tukar rupiah, pendapatan perkapita, jumlah penduduk dan harga substitusi. Paramartha dan Setyari (2020) yang mengkaji tentang Pengaruh Produksi, Nilai Tukar Dollar Amerika Serikat, Dan Inflasi Terhadap Ekspor Minyak Sawit Indonesia menemukan bahwa produksi kelapa sawit berpengaruh positif dan signifikan terhadap ekspor minyak sawit Indonesia. Sedangkan Kurs dollar Amerika Serikat berpengaruh negatif dan signifikan terhadap ekspor minyak sawit Indonesia. Inflasi berpengaruh negatif dan tidak signifikan terhadap ekspor minyak sawit Indonesia. Selanjutnya, Faozea Hafiz Saragih dan Dwidjono Hadi Darwanto pada tahun 2013 meneliti tentang Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ekspor CPO Sumatera Utara menemukan bahwa variabel yang berpengaruh signifikan terhadap volume ekspor CPO

Sumatera Utara yaitu nilai tukar, sedangkan variabel lainnya seperti pajak ekspor, produktifitas, dan disparitas harga. tidak berpengaruh. Joseph and Posu (2006) meneliti tentang *Aggregate Import Demand and Expenditure Components In Ghana: An Econometric Analysis* dan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa permintaan impor inelastis untuk semua komponen pengeluaran dan harga relatif. Dalam jangka panjang, investasi dan ekspor merupakan penentu utama pergerakan impor di Ghana. Dalam jangka pendek, pengeluaran konsumsi rumah tangga dan pemerintah adalah penentu utama permintaan impor.

Penelitian tentang penggunaan *Google Trends* pada kasus indikator makro ekonomi dilakukan oleh Jennifer Patricia (2021) untuk Peramalan Laju PDB Indonesia dengan *Google Trends* Menggunakan Metode NN dan eXtreme Gradient Boosting dan hasil penelitiannya adalah peramalan laju PDB dalam periode bulanan dengan lag data *google trends*, indikator ekonomi, dan official statistics menunjukkan tingkat akurasi dengan nilai RMSE dan SMAPE pada data testing secara berturut sebesar 0,309 dan 33,461%. Sementara itu, Nuti SV, Wayda B, Ranasinghe I, Wang S, Dreyer RP, et al (2014) tentang studi literatur penggunaan *google trends* dalam penelitian perawatan kesehatan memberikan kesimpulan bahwa *google trends* dapat digunakan untuk mempelajari fenomena kesehatan di berbagai domain topik dengan berbagai cara. Dalam studinya, *google trends* memiliki kelemahan yaitu kurang transparan sehingga membuat hasil analisis menjadi tidak konsisten, oleh karena itu diperlukan transparansi lebih dari data *google trends* dengan memperbanyak kata kunci.

### **Kerangka Pikir dan Hipotesis**

Berdasarkan teori, kegiatan ekspor dilakukan suatu negara yang memiliki keunggulan teknologi maupun faktor produksi yang melimpah. Indonesia memiliki faktor produksi kelapa sawit yang melimpah baik dari lahan, aset usaha, tenaga kerja, teknologi, dan faktor produksi lainnya. Keadaan ini juga diperkuat dengan penelitian yang menyatakan bahwa pangsa komoditas CPO Indonesia lebih besar dari pangsa pasar ekspor komoditas CPO (Andi Alatas, 2015). Selain itu, faktor ekspor kelapa sawit Indonesia juga turut dipengaruhi oleh berbagai indikator makro ekonomi dunia, seperti inflasi, harga CPO dunia, nilai tukar, industri pengolahan negara tujuan, pengeluaran konsumsi rumah tangga maupun jumlah penduduk. Selain itu, di era revolusi industri 4.0 penggunaan internet semakin masif sehingga hal-hal yang berhubungan dengan minyak kelapa sawit dapat diakses dengan mudah. Berdasarkan hal tersebut, kerangka konsep penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka Konsep

Hipotesis yang dirumuskan berdasarkan kerangka konsep di atas antara lain:

Tabel 1. Hipotesis Penelitian

Hipotesis	Perumusan
Hipotesis 1	NTB Industri Pengolahan negara tujuan ekspor berpengaruh positif dan signifikan terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia
Hipotesis 2	Kurs rupiah terhadap mata uang negara tujuan ekspor berpengaruh negatif dan signifikan terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia
Hipotesis 3	Pengeluaran Konsumsi rumah tangga negara tujuan ekspor berpengaruh positif dan signifikan terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia
Hipotesis 4	Inflasi negara tujuan ekspor berpengaruh positif dan signifikan terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia
Hipotesis 5	Jumlah penduduk negara tujuan ekspor berpengaruh positif dan signifikan terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia
Hipotesis 6	Harga CPO dunia berpengaruh negatif dan signifikan terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia
Hipotesis 7	Kata Kunci <i>Google Trends</i> berpengaruh positif dan signifikan terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia
Hipotesis 8	Indeks komposit berpengaruh positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi

### III. METODE PENELITIAN

#### Data

Unit analisis dalam penelitian ini yaitu 10 negara utama yang menjadi tujuan ekspor minyak kelapa sawit Indonesia, diantaranya India, Tiongkok, Pakistan, Belanda, Amerika Serikat, Spanyol, Mesir, Bangladesh, Italia, dan Singapura. Periode data yang digunakan selama tahun 2012-2020. Data yang digunakan merupakan data sekunder dengan sumber data secara terstruktur disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Sumber Data

No	Variabel	Sumber Data	Alamat web
1	Ekspor Minyak Kelapa Sawit Indonesia (Data bulanan dan data tahunan)	Badan Pusat Statistik Republik Indonesia Bank Indonesia	<a href="http://www.bps.go.id/">www.bps.go.id/</a>
2.	Kurs mata uang negara tujuan ekspor	Website XE Business	<a href="http://www.bi.go.id/">www.bi.go.id/</a> <a href="http://www.xe.com/">www.xe.com/</a>
3.	Nilai Tambah Bruto (NTB) Industri Pengolahan		<a href="http://www.theglobaleconomy.com/">www.theglobaleconomy.com/</a>
4.	Inflasi	- The Global Economy	
5.	Jumlah penduduk	- CEIC	<a href="http://www.ceicdata.com/">www.ceicdata.com/</a>
6.	Total Konsumsi Rumah Tangga		
7.	Harga CPO dunia	Index Mundi	<a href="http://www.indexmundi.com/">www.indexmundi.com/</a>
8.	Kata Kunci Google trends: manufacture (G1); manufacturing industry (G2); industry (G3); kurs (G4); exchange rate (G5); exchange rate (G6); exchange (G7); inflation (G8); total population (G9); population (G10)	Google	<a href="http://www.trends.google.com/id/trends/">www.trends.google.com/id/trends/</a>

**Rantai Markov**

Rantai Markov (*Markov Chain*) adalah rangkaian proses kejadian dimana peluang bersyarat kejadian yang akan datang hanya bergantung kepada kejadian yang sekarang dan tidak tergantung kepada kejadian yang lalu. Secara umum, peluang transisi diatur dalam suatu matrik yang dinamakan matriks peluang transisi (Taylor, 1998):

$$P = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & \dots \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & \dots \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

Keterangan:

Baris menyatakan status/kondisi awal

Kolom menyatakan status/kondisi akhir

Sebagai peluang, maka elemen-elemen matrik P memenuhi persyaratan:

$$P_{ij} \geq 0, \quad \text{untuk } i, j = 0, 1, 2, \dots \tag{1}$$

$$\sum_{j=0}^{\infty} P_{ij} = 1 \quad \text{untuk } i = 0, 1, 2, \dots \tag{2}$$

Misalkan matriks peluang transisi  $P=(P_{ij})$  dengan kondisi/ status berlabel 0,1,2,.. N yang memiliki sifat bahwa pangkat ke-k dari P, yakni  $P^k$ , semua elemennya positif. Rantai Markov dengan matriks peluang transisi seperti ini dikatakan reguler. Untuk sebuah rantai Markov reguler terdapat sebuah limit distribusi yang independen dari status awal. Secara formal, matrik peluang transisi  $P=(P_{ij})$  dikatakan reguler jika:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^{(n)} = \pi_j > 0; \quad \text{untuk } j = 0, 1, \dots, N \quad (3)$$

Konvergensi di atas menyatakan bahwa dalam jangka panjang ( $n \rightarrow \infty$ ), peluang Rantai Markov berada dalam status j akan konvergen atau kurang lebih sama dengan  $\pi_j$  tidak peduli dari mana status awalnya (Taylor, 1998). Perhitungan limit distribusi tersebut dapat diperoleh dengan memangkatkan matriks peluang transisi sampai dengan pangkat tertinggi hingga diperoleh hasil yang konvergen, atau juga dapat dihitung dengan suatu set persamaan linier.

### **Analisis Regresi Data Panel**

Regresi panel adalah regresi dengan struktur data panel yaitu gabungan dari data *cross section* dan data *time series*. Data *cross section* adalah nilai dari satu atau lebih variabel yang diambil dari beberapa unit sampel atau subjek pada periode waktu yang sama, sedangkan data *time series* adalah nilai dari satu atau lebih variabel selama satu periode waktu. Dalam data panel, unit individu yang sama dikumpulkan dari beberapa rentang waktu pengamatan. Secara umum, persamaan model regresi panel dapat ditulis sebagai berikut.

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta X_{it} + e_{it} \quad (4)$$

Keterangan:

$Y_{it}$  = variabel respon individu ke-i dan periode waktu ke-t

$\alpha_{it}$  = koefisien intersep dari individu ke-i dan periode waktu ke-t

$\beta$  = koefisien slope dari variabel prediktor

$X_{it}$  = variabel prediktor dari unit individu ke-i dan periode waktu ke-t

$e_{it}$  = residual yang bersifat IIDN  $(0, \sigma^2)$

Terdapat tiga pendekatan yang dapat digunakan dalam melakukan estimasi model regresi panel, diantaranya *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM). Pada CEM, seluruh data digabungkan tanpa memperhatikan individu dan waktu sehingga  $\alpha$  konstan atau sama disetiap individu maupun setiap waktu. Pada FEM, pendekatan estimasi dibedakan berdasarkan individu dan waktu, sehingga intersep dapat dibedakan dengan menggunakan variabel dummy dengan estimasi menggunakan metode OLS untuk mendapatkan estimasi yang tidak bias dan konsisten (Nachrowi & Usman, 2006). Estimator FEM dapat menimbulkan permasalahan hilangnya derajat bebas dari model. Selain

itu, model dummy bisa menghalangi untuk mengetahui model aslinya. Oleh karena itu, estimasi perlu dilakukan dengan model komponen *error* atau model efek acak.

Pemilihan Model Regresi Panel dilakukan dengan uji Chow, uji Hausman, maupun Uji Lagrange Multiplier (LM). Uji Chow digunakan untuk mengetahui apakah teknik regresi data panel dengan model FEM lebih baik dari model CEM. Uji Chow ini mirip dengan uji F (Widarjono, 2013).

Uji Hausman digunakan untuk memilih model terbaik antara FEM dan REM, sedangkan uji LM digunakan untuk mengetahui apakah model REM lebih baik dari model CEM. Pengujian signifikansi parameter dilakukan secara serentak dan parsial.

Dalam analisis regresi panel terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi. Pengujian asumsi yang dilakukan pada model regresi data panel diantaranya:

1. Asumsi Multikolinieritas

Multikolinieritas merupakan adanya hubungan linier antar variabel bebas atau variabel prediktor.

Variabel bebas dinyatakan tidak ada multikolinieritas jika nilai TOL mendekati 1, atau jika nilai VIF lebih dari 10.

2. Asumsi Residual Identik

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui homogenitas varians residual. Penelitian ini menggunakan uji Glejser yaitu meregresikan absolut residual dengan variabel prediktor.

3. Pengujian Asumsi Residual Independen

Autokorelasi merupakan korelasi berdasarkan urutan waktu (pada data berkala), atau korelasi pada dirinya sendiri (Gujarati & Porter, 2015). Untuk mendeteksi autokorelasi diantaranya dengan uji Durbin Watson.

4. Pengujian Asumsi Residual Berdistribusi Normal

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah residual memenuhi asumsi berdistribusi normal atau tidak. Uji kenormalan data dapat dilakukan dengan uji Kolmogorov Smirnov.

### **Tahapan Analisis**

Prosedur analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

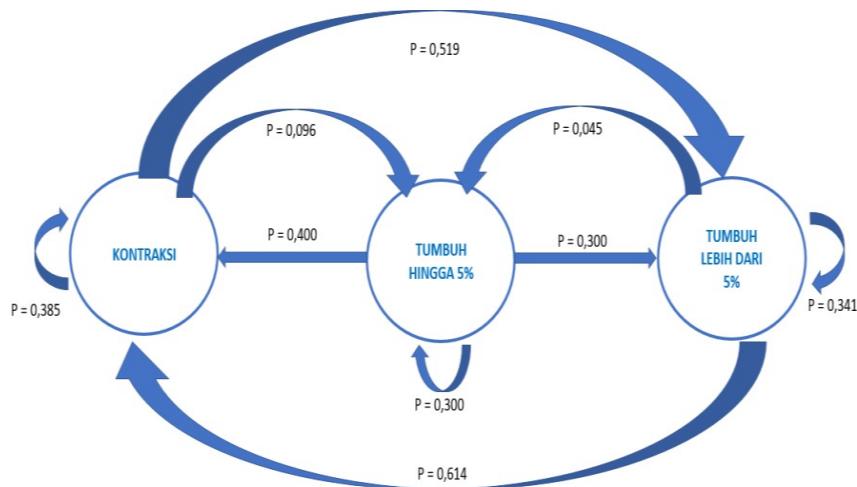
1. Melakukan analisis rantai markov pada volume ekspor minyak kelapa sawit Indonesia untuk menghitung peluang siklus bisnisnya dalam jangka panjang
2. Membangun indeks komposit menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA), berdasarkan kata kunci google trends yang berkorelasi dengan volume ekspor minyak sawit
3. Melakukan analisis regresi data panel dengan prosedur:
  - Menentukan model estimasi terbaik model regresi panel dengan uji Chow, uji Hausman, dan uji LM

- Melakukan pengujian signifikansi parameter secara serentak dan secara parsial
- Melakukan modifikasi model berdasarkan variabel bebas yang signifikan
- Melakukan evaluasi model
- Mendapatkan model regresi panel terbaik dan melakukan interpretasi.

#### IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

##### **Analisis Rantai Markov Ekspor Minyak Kelapa Sawit Nasional**

Analisis rantai markov digunakan untuk menganalisis peluang siklus bisnis ekspor minyak kelapa sawit di masa yang akan datang. Gambar 4 menyajikan pola transisi ekspor minyak kelapa sawit Indonesia berdasarkan data bulanan sepanjang tahun 2012-2020. Pola transisi tersebut terdiri dari kondisi kontraksi, kondisi tumbuh sampai dengan 5 persen, dan kondisi tumbuh lebih dari 5 persen. Kondisi kontraksi terjadi jika volume ekspor lebih rendah tahun sebelumnya, kondisi tumbuh sampai dengan 5 persen jika volume ekspor lebih tinggi sampai dengan 5 persen dari tahun sebelumnya, dan kondisi tumbuh lebih dari 5 persen jika volume ekspornya tumbuh lebih besar dari 5 persen dibandingkan tahun sebelumnya. Rantai Markov tersebut menunjukkan pola yang saling berhubungan antar kondisi, sehingga ekspor minyak kelapa sawit Indonesia memiliki peluang untuk bertransisi ke berbagai kondisi. Peluang transisi tertinggi terjadi dari kondisi tumbuh lebih dari 5 persen ke kondisi kontraksi dengan peluang sebesar 0,614. Selanjutnya, peluang transisi yang besar juga terjadi dari kondisi kontraksi ke kondisi tumbuh lebih dari 5 persen dengan peluang sebesar 0,519. Sementara itu, peluang transisi terkecil terjadi dari kondisi tumbuh lebih dari 5 persen ke kondisi tumbuh hingga 5 persen dengan peluang sebesar 0,045.



**Gambar 4.** Rantai Markov Ekspor Minyak Kelapa Sawit Indonesia

Rantai Markov pada Gambar 4 dapat disajikan dalam bentuk Matriks Peluang Transisi sebagai berikut.

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,385 & 0,096 & 0,519 \\ 0,400 & 0,300 & 0,300 \\ 0,614 & 0,045 & 0,341 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Keterangan:

Kondisi 0: Volume ekspor minyak kelapa sawit mengalami kontraksi

Kondisi 1: Volume ekspor minyak kelapa sawit tumbuh hingga 5 persen

Kondisi 2: Volume ekspor minyak kelapa sawit tumbuh lebih dari 5 persen

Matriks peluang transisi tersebut memiliki pola hubungan 2 arah antar kondisinya atau bersifat *irreducible*. Selain itu, proses transisi antar kondisi terjadi dalam satu langkah sehingga matriks peluang transisi tersebut berperiode 1 (*aperiodic*). Rantai markov tersebut juga terhubung antar kondisi sehingga kondisinya bersifat rekuren. Berdasarkan hal tersebut, matriks peluang transisi dapat dianalisis dalam jangka panjang karena peluang kejadian dalam suatu kondisi memiliki distribusi yang stasioner atau cenderung sama (Taylor & Karlin, 1984). Peluang jangka panjang dari setiap kondisi diperoleh berdasarkan persamaan linier dengan nilai peluang masing-masing kondisi yaitu:

$$\pi_0 = 0,483 \tag{5}$$

$$\pi_1 = 0,094 \tag{6}$$

$$\pi_2 = 0,423 \tag{7}$$

Berdasarkan hasil diatas, dalam jangka panjang siklus bisnis ekspor minyak kelapa sawit Indonesia berpeluang untuk mengalami kontraksi sebesar 0,483; peluang tumbuh hingga 5 persen sebesar 0,094; dan peluang tumbuh lebih dari 5 persen sebesar 0,423. Jika diperhatikan secara total, peluang untuk kondisi tumbuh positif baik tumbuh hingga 5 persen maupun lebih dari 5 persen adalah sebesar 0,517, atau lebih besar dibandingkan peluang kondisi kontraksi. Peluang tumbuh positif maupun kontraksi ekspor minyak sawit nasional tidak terlalu jauh signifikan perbedaannya. Selanjutnya, untuk mengidentifikasi faktor apa saja yang mempengaruhi kesinambungan ekspor minyak kelapa sawit Indonesia disajikan pada analisis regresi data panel.

### **Preprocessing Data Google Trends**

*Preprocessing data google trends* dilakukan untuk mengetahui kata kunci yang berhubungan dengan data ekspor minyak kelapa sawit. Metode yang digunakan yaitu uji

korelasi. Kata kunci yang memiliki korelasi digunakan dalam melakukan pemodelan. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$H_0$  : Tidak ada korelasi antara kata kunci ke-*i* dengan ekspor minyak kelapa sawit

$H_1$  : Terdapat korelasi antara kata kunci ke-*i* dengan minyak kelapa sawit

**Tabel 3.** Korelasi Kata Kunci dari *Google Trends*

Kata Kunci	Koefisien Korelasi	<i>P-Value</i>	Keputusan
manufacture	0,074	0,491	Tidak ada korelasi
manufacturing industry	0,247	0,019*	Ada korelasi
industry	-0,186	0,080	Tidak ada korelasi
kurs	-0,174	0,101	Tidak ada korelasi
exchange rate	-0,011	0,918	Tidak ada korelasi
exchange	-0,010	0,924	Tidak ada korelasi
inflation	-0,215	0,042*	Ada korelasi
total population	-0,212	0,045*	Ada korelasi
population	-0,128	0,229	Tidak ada korelasi
industri	-0,218	0,039*	Ada korelasi

Dari Tabel 3 diketahui bahwa ada 4 kata kunci yang berkorelasi dengan ekspor minyak kelapa sawit yaitu kata kunci “manufacturing industry”, “inflation”, “total population”, dan “industry”. Keempat indeks tersebut selanjutnya dibentuk indeks komposit menggunakan metode PCA, kemudian digunakan dalam analisis regresi panel untuk menguji apakah *google trends* dapat dimanfaatkan untuk menggambarkan isu ekspor minyak kelapa sawit.

**Hasil Pengujian Kualitas Data dan Pemodelan**

Analisis inferensia dilakukan untuk memperoleh model terbaik dari lima rumusan model penelitian yang telah ditetapkan. Hasil analisis pada masing-masing model digunakan untuk menentukan model dengan hipotesis mana yang sesuai. Model terbaik yang terbentuk dapat digunakan untuk rekomendasi pemerintah Indonesia dalam menentukan kebijakan terkait ekspor minyak kelapa sawit.

**Tabel 4.** Hasil Uji Pemilihan Model Estimasi

Model Penelitian	Uji Chow		Uji Hausman		Uji LM		Model Estimasi Terpilih
	<i>P-Value</i>	Keputusan	<i>P-Value</i>	Keputusan	<i>P-Value</i>	Keputusan	
<b>Model 1</b>	0,0000	FEM	0,0000	<b>FEM</b>	-	-	FEM
<b>Model 2</b>	0,0000	FEM	0,0000	<b>FEM</b>	-	-	FEM
<b>Model 3</b>	0,0000	FEM	0,2833	REM	0,0000	<b>REM</b>	REM
<b>Model 4</b>	0,0000	FEM	0,0684	REM	0,0000	<b>REM</b>	REM
<b>Model 5</b>	0,0000	FEM	0,5426	REM	0,0000	<b>REM</b>	REM

Tabel 4 menunjukkan hasil pemilihan model estimasi pada masing-masing model penelitian dengan uji Chow, uji Hausman, dan uji LM dengan taraf signifikansi 5 persen. Pada uji Chow jika keputusan  $H_0$  ditolak maka dipilih metode FEM namun jika keputusan  $H_0$  gagal ditolak maka dipilih metode CEM. Pada uji Hausman jika keputusan  $H_0$  ditolak maka digunakan estimator REM namun jika keputusan  $H_0$  gagal ditolak maka digunakan estimator FEM. Sementara itu, jika pada uji LM diperoleh keputusan  $H_0$  ditolak maka dipilih estimator REM namun jika keputusan  $H_0$  gagal ditolak maka dipilih estimator CEM.

Pada **model 1** yaitu pengaruh NTB industri manufaktur, kurs, konsumsi rumah tangga, inflasi, jumlah penduduk, dan harga CPO dunia pada masing-masing negara tujuan terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia, hasil uji Chow dan Hausman menunjukkan model estimasi yang digunakan yaitu FEM.

Pada **model 2** yang merupakan modifikasi dari model penelitian 1, dengan menggunakan variabel prediktor yang signifikan pada model penelitian 1 (kurs, konsumsi rumah tangga, dan harga CPO dunia) dan dengan penambahan kata kunci *google trends* yang berkorelasi terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia menunjukkan bahwa pada uji Chow dan uji Hausman model estimasi yang digunakan yaitu FEM.

Jika dilihat pada **model 3** (pengaruh variabel prediktor yang signifikan pada model dugaan 1 dan indeks komposit *google trends* terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia), **model 4** (pengaruh kata kunci *google trends* yang berkorelasi terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia), dan **model 5** (pengaruh indeks komposit *google trends* terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia) menunjukkan model estimasi yang digunakan yaitu REM.

**Tabel 5.** Hasil Uji Signifikansi Parameter Model

<b>Model</b>	<b>Variabel</b>	<b>P-Value</b>	<b>Keputusan</b>
Model 1	NTB Industri	0,4630	$H_0$ gagal ditolak
	Kurs	0,0394*	$H_0$ ditolak
	Konsumsi Rumah Tangga	0,0003*	$H_0$ ditolak
	Inflasi	0,9521	$H_0$ gagal ditolak
	Jumlah Penduduk	0,1940	$H_0$ gagal ditolak
	Harga CPO Dunia	0,0020*	$H_0$ ditolak
Model 2	Kurs	0,1007	$H_0$ gagal ditolak
	Konsumsi Rumah Tangga	0,0001*	$H_0$ ditolak
	Harga CPO Dunia	0,0098*	$H_0$ ditolak
	G2	0,5997	$H_0$ gagal ditolak
	G7	0,9687	$H_0$ gagal ditolak
	G8	0,6060	$H_0$ gagal ditolak
	G10	0,5286	$H_0$ gagal ditolak

Model	Variabel	P-Value	Keputusan
Model 3	Kurs	0,0125*	H <sub>0</sub> ditolak
	Konsumsi Rumah Tangga	0,0007*	H <sub>0</sub> ditolak
	Harga CPO Dunia	0,0004*	H <sub>0</sub> ditolak
Model 4	IK	0,4334	H <sub>0</sub> gagal ditolak
	G2	0,8321	H <sub>0</sub> gagal ditolak
	G7	0,8842	H <sub>0</sub> gagal ditolak
	G8	0,2806	H <sub>0</sub> gagal ditolak
Model 5	G10	0,6546	H <sub>0</sub> gagal ditolak
	IK	0,3972	H <sub>0</sub> gagal ditolak

Tabel 5 menunjukkan bahwa dengan taraf kepercayaan sebesar 5%, pada **model 1** terdapat tiga variabel prediktor yang signifikan terhadap ekspor minyak kelapa sawit yaitu kurs rupiah terhadap negara tujuan, konsumsi rumah tangga negara tujuan, dan harga CPO dunia. Hal ini berarti kurs rupiah terhadap negara tujuan, konsumsi rumah tangga negara tujuan, dan harga CPO dunia berpengaruh signifikan terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia.

**Model 2** dan **model 3** merupakan model dengan variabel prediktor yang signifikan pada model 1 didukung oleh data *google trends*. Pada model 2 diketahui bahwa variabel prediktor yang signifikan yaitu konsumsi rumah tangga negara tujuan dan harga CPO dunia, sedangkan pada model 3 diketahui variabel yang signifikan sama dengan hasil pada model 1 yaitu kurs rupiah terhadap negara tujuan, konsumsi rumah tangga negara tujuan, dan harga CPO dunia. Hasil signifikansi parameter pada model dugaan 2 dan 3 menunjukkan bahwa penambahan data *google trends* sebagai variabel pendukung belum cukup berpengaruh terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia, meskipun secara korelasi variabel-variabel tersebut berhubungan.

**Model 4** dan **model 5** merupakan model dengan variabel prediktor berupa data *google trends* tanpa melibatkan variabel makro ekonomi. Hasil pengujian diketahui bahwa pada model penelitian 4 dan 5 tidak ada satupun variabel prediktor yang signifikan. Hal ini juga menunjukkan penambahan data *google trends* sebagai variabel pendukung belum cukup berpengaruh terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia, meskipun secara korelasi variabel-variabel tersebut berhubungan.

Berdasarkan hasil uji signifikansi parameter, diketahui pada model 1, 2, dan 3 terdapat variabel prediktor yang signifikan. Langkah selanjutnya yaitu meregresikan ulang ekspor minyak kelapa sawit dengan variabel prediktor yang signifikan saja untuk menentukan model terbaik.

### **Model Terbaik dan Interpretasi Model**

Model terbaik dipilih berdasarkan koefisien determinasi tertinggi diantara model yang terbentuk. Variabel yang signifikan pada tahap uji signifikansi variabel diregresikan ulang

terhadap ekspor kelapa sawit. Pengujian dilakukan secara sistematis berdasarkan tahap-tahap regresi data panel. Rangkuman model dari hasil analisis regresi data panel dengan variabel prediktor yang signifikan disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Rangkuman Model Hasil Analisis Kelima Model

Pengujian	Model Dugaan	Variabel Signifikan	Model	R <sup>2</sup>
Model 1	Y = X1 + X2 + X3 + X4 + X5	X2, X3, X6	REM <i>i</i>	27,3094*
	+ X6		REM <i>it</i>	25,7469
Model 2	Y = X2 + X3 + X6 + G2 + G7	X3, X6	REM <i>i</i>	23,1556
	+ G8 + G10		REM <i>i</i>	27,3094*
Model 3	Y = X2 + X3 + X6 + IK	X2, X3, X6	REM <i>it</i>	25,7469
Model 4	Y = G2 + G7 + G8 + G10	-	-	-
Model 5	Y = IK	-	-	-

Keterangan: X1=NTB Industri Pengolahan; X2=Kurs; X3=Konsumsi Rumah Tangga; X4=Inflasi; X5=Jumlah Penduduk; X6=Harga CPO Dunia

Model dugaan yang dianalisis terbagi menjadi 3 skema yaitu model dengan variabel prediktor makro ekonomi yaitu model 1, model dengan variabel makro ekonomi yang signifikan pada model pertama didukung oleh data *google trends* yaitu model 2 dan 3, dan model dengan variabel prediktor data *google trends* yaitu model 4 dan 5. Berdasarkan rangkuman hasil analisis yang ditunjukkan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa pada model 1, 2, dan 3 yang melibatkan variabel prediktor makro ekonomi terdapat variabel yang signifikan yaitu variabel makro ekonomi itu sendiri. Sedangkan pada model 4 dan 5 tanpa melibatkan variabel prediktor makro ekonomi, tidak ada satupun variabel yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan data *google trends* belum cukup digunakan sebagai data pendukung ekspor kelapa sawit Indonesia ke negara mitra dagang. Namun meskipun tidak berpengaruh signifikan, *google trends* masih memiliki korelasi dengan jumlah ekspor kelapa sawit Indonesia ke negara mitra dagang. Kondisi ini bisa saja disebabkan oleh pemilihan kata kunci yang kurang homogen dikarenakan setiap kata kunci pada *google trends* heterogen antar unit sampel.

Pada Tabel 6 diketahui bahwa dari 5 model penelitian, terbentuk 2 model baru. Model pertama yaitu pengaruh kurs rupiah terhadap negara tujuan, konsumsi rumah tangga negara tujuan, dan harga CPO dunia terhadap ekspor minyak kelapa sawit. Model kedua yaitu pengaruh konsumsi rumah tangga negara tujuan dan harga CPO dunia terhadap ekspor minyak kelapa sawit. Dari kedua model tersebut dipilih model yang terbaik berdasarkan nilai R<sup>2</sup> yaitu model antara kurs rupiah terhadap negara tujuan, konsumsi rumah tangga negara tujuan, dan harga CPO dunia terhadap ekspor minyak kelapa sawit. Model tersebut menggunakan estimator GLS (model REM) sehingga terdapat pengaruh waktu dan individu. Pemilihan tahap 2 dilakukan

juga dengan melihat nilai  $R^2$  dimana model dengan efek individu lebih baik daripada model dengan efek individu dan waktu, sehingga model terbaik yang terbentuk dari analisis 5 model dugaan yaitu model antara kurs rupiah terhadap negara tujuan, konsumsi rumah tangga negara tujuan, dan harga CPO dunia terhadap ekspor minyak kelapa sawit dengan pengaruh efek individu.

Berikutnya melakukan evaluasi terhadap model terbaik tersebut yang terdiri dari evaluasi ekonomi, statistika, dan ekonometrika. Model yang terbentuk menggunakan model REM yaitu model dengan estimator GLS sehingga asumsi secara ekonometrika yang harus dipenuhi hanya 2 yaitu tidak ada kasus multikolinieritas dan tidak ada kasus heteroskedastisitas. Hasil uji signifikansi parameter pada model terbaik yang digunakan untuk evaluasi model adalah sebagai berikut.

**Tabel 7.** Uji Signifikansi Parameter Model Terbaik

Variabel	Koefisien	<i>P-Value</i>
Kurs	-0,112193	0,0161
Konsumsi Rumah Tangga	0,434434	0,0006
Harga CPO Dunia	-1,560311	0,0004

***Evaluasi statistika:***

Evaluasi secara statistik dilakukan dengan melihat signifikansi masing-masing variabel prediktor. Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada Tabel 7, maka dapat diketahui bahwa ketiga variabel yaitu kurs rupiah terhadap negara tujuan, konsumsi rumah tangga negara tujuan, dan harga CPO dunia memiliki *p-value* kurang dari taraf signifikan 5% sehingga ketiga variabel prediktor memiliki pengaruh signifikan terhadap ekspor minyak kelapa sawit. Oleh karena itu, dapat dikatakan model telah layak.

***Evaluasi ekonometrika:***

Evaluasi secara ekonometrika dilakukan dengan melihat pada beberapa asumsi klasik yang terdiri dari tidak adanya multikolinieritas, tidak ada autokorelasi, tidak ada heteroskedastisitas, dan residual data berdistribusi normal. Pada hasil analisis, diperoleh model REM dengan estimator GLS yang *robust* terhadap masalah autokorelasi. Asumsi distribusi normal juga bisa diabaikan pada model regresi data panel khususnya model REM. Sehingga asumsi klasik yang harus dipenuhi yaitu tidak adanya kasus multikolinieritas dan tidak ada kasus heteroskedastisitas. Hasil pengujian 2 asumsi tersebut dijelaskan sebagai berikut.

**Tabel 8.** Uji Asumsi Multikolinieritas

Variabel	VIF
Kurs	1,4950
Konsumsi Rumah Tangga	1,2213
Harga CPO Dunia	1,0087

Asumsi pertama yaitu tidak adanya kasus multikolinieritas. Metode yang digunakan yaitu dengan nilai VIF yang kurang dari 1. Dari Tabel 8 diketahui bahwa nilai VIF untuk masing-masing variabel prediktor kurang dari 1 sehingga dapat disimpulkan tidak ada kasus multikolinieritas.

**Tabel 9.** Uji Asumsi Heteroskedastisitas

Metode	F	<i>P-Value</i>
Glejser	-0,902647	0,443368

Asumsi kedua yaitu tidak adanya kasus heteroskedastisitas. Hasil uji Glejser pada Tabel 9 diketahui bahwa *p-value* sebesar 0,443368. Nilai tersebut lebih besar dari taraf signifikan 5% sehingga diputuskan gagal menolak  $H_0$ . Artinya, tidak ada kasus heteroskedastisitas.

Kedua asumsi telah dilakukan pengujian dan menghasilkan kesimpulan tidak ada kasus multikolinieritas dan tidak ada kasus heteroskedastisitas. Oleh karena itu dapat dikatakan model layak digunakan. Berdasarkan hasil keseluruhan evaluasi model, diketahui tidak ada pelanggaran terhadap model. Model dikatakan layak digunakan untuk merumuskan kebijakan pemerintah terkait dalam hal ekspor kelapa sawit ke dunia khususnya 10 negara dengan share terbesar. Model terbaik yang terbentuk adalah sebagai berikut.

$$X_{CPO} = 3025,660 - 0,112193 \text{ Kurs} + 0,434434 \text{ Konsumsi RT} - 1,560311 \text{ Harga CPO dunia}$$

Model terbaik yang terbentuk merupakan model antara kurs rupiah terhadap negara tujuan, konsumsi rumah tangga negara tujuan, dan harga CPO dunia terhadap ekspor minyak kelapa sawit Indonesia. Interpretasi dari model tersebut sebagai berikut.

1. Setiap kenaikan satu rupiah kurs negara tujuan maka ekspor minyak kelapa sawit Indonesia ke negara tersebut akan turun sebesar 0,112193 metrik ton, dengan syarat variabel lain konstan.
2. Setiap kenaikan konsumsi rumah tangga negara tujuan maka ekspor minyak kelapa sawit Indonesia ke negara tersebut akan naik sebesar 0,434434 metrik ton, dengan syarat variabel lain konstan.
3. Setiap kenaikan harga CPO dunia sebesar satu dollar US maka ekspor minyak kelapa sawit Indonesia ke negara tujuan akan turun sebesar 1,560311 metrik ton, dengan syarat variabel lain konstan.

4. Jika tidak ada pengaruh kurs rupiah terhadap negara tujuan, konsumsi rumah tangga negara tujuan, dan harga CPO dunia, maka ekspor minyak kelapa sawit ke negara tujuan sebanyak 3025,660 metrik ton.

***Evaluasi ekonomi:***

Evaluasi secara ekonomi dilakukan dengan melihat tanda koefisien regresi panel pada model. Hasil analisis yang ditunjukkan pada Tabel 7 diketahui bahwa tanda koefisien pada kurs rupiah terhadap negara tujuan adalah negatif. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Saragih et al., (2013) bahwa nilai tukar berpengaruh negatif terhadap volume ekspor CPO Sumatera Utara. Selain itu, hal ini juga sesuai dengan penelitian Paramartha & Setyari (2020) serta Hardy (2015) yang menyatakan bahwa kurs dollar US berpengaruh terhadap ekspor CPO Indonesia. Melemahnya nilai tukar mata uang menyebabkan harga komoditas ekspor menjadi lebih murah bagi negara tujuan ekspor sehingga volume ekspor meningkat. Begitu pula sebaliknya, penguatan nilai tukar mata uang menyebabkan komoditas ekspor menjadi lebih mahal bagi negara tujuan ekspor sehingga volume ekspor menurun dan berefek pula pada defisit neraca perdagangan. Kestabilan nilai tukar perlu menjadi perhatian dalam kestabilan ekspor khususnya komoditas kelapa sawit.

Pada variabel konsumsi rumah tangga bertanda koefisien positif. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hardy (2015) yang menyatakan bahwa produksi minyak makan berpengaruh terhadap ekspor CPO Indonesia ke Uni Eropa. Jumlah penduduk negara tujuan ekspor berkaitan erat dengan banyaknya permintaan komoditas minyak kelapa sawit untuk memenuhi kebutuhan dalam negrinya baik untuk kebutuhan rumah tangga, industri maupun aktivitas usaha lainnya. Peningkatan jumlah penduduknya sejalan pula dengan peningkatan jumlah komoditas yang diimpor yang tidak dapat dipenuhi oleh domestiknya. Hal ini memberi keuntungan bagi negara eksportir.

Tanda koefisien pada harga CPO dunia negatif, hal ini menyatakan bahwa jika harga CPO di dunia naik maka ekspor minyak kelapa sawit akan turun. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hardy (2015) yang menyatakan bahwa harga minyak mentah dunia berpengaruh terhadap ekspor CPO Indonesia ke Uni Eropa, begitu pula penelitian oleh Andi Alatas (2015) yang menyatakan bahwa harga substitusi berpengaruh terhadap ekspor CPO. Jika harga suatu komoditas buatan dalam negeri meningkat secara relatif terhadap harga barang luar negeri, maka penduduk cenderung membeli lebih banyak barang luar negeri (Samuelson dan Nordhaus, 2004:182).

Ketiga variabel prediktor memiliki tanda koefisien korelasi sesuai dengan teori ekonomi, sehingga dapat dikatakan bahwa model telah layak.

### **Efek Individu**

Model yang terbentuk adalah model REM dengan efek individu pada masing-masing negara mitra dagang Indonesia. Koefisien masing-masing negara tujuan ekspor sebagai berikut.

**Tabel 10.** Efek Individu

Negara	Koefisien Efek	Negara	Koefisien Efek
India	3114,009	Spanyol	478,6668
China	17,14577	Mesir	-832,0996
Pakistan	28,70231	Bangladesh	-813,7046
Belanda	864,1359	Italia	303,9561
Amerika Serikat	-3019,162	Singapura	-141,6493

Berdasarkan tabel 10, diketahui bahwa terdapat beberapa negara mitra dagang yang memiliki pengaruh besar terhadap performa ekspor minyak kelapa sawit nasional, diantaranya India, Belanda, Spanyol, Italia, Pakistan, dan China. Keenam negara tersebut dapat menjadi negara prioritas dalam kerjasama perdagangan untuk komoditas minyak kelapa sawit nasional. Sementara itu, negara mitra dagang lainnya seperti Amerika Serikat, Mesir, Bangladesh, dan Singapura perlu disusun kembali strategi perdagangannya untuk menunjang stabilitas ekspor minyak kelapa sawit nasional di masa yang akan datang.

### **V. KESIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa siklus bisnis minyak kelapa sawit Indonesia secara deskriptif memiliki kecenderungan untuk tumbuh positif dalam jangka panjang. Namun kondisi tersebut masih perlu dibarengi dengan berbagai kebijakan untuk menjaga siklus bisnis yang terus tumbuh positif karena peluang mengalami kontraksi masih mungkin terjadi. Jika dilihat dari hasil pemodelan yang terbentuk, ekspor minyak kelapa sawit nasional dipengaruhi secara negatif oleh nilai tukar rupiah sebagai alat tukar perdagangan internasional dan jumlah penduduk negara tujuan ekspor sebagai konsumen akhir dari minyak kelapa sawit berpengaruh positif terhadap ekspor minyak kelapa sawit. Hal ini sejalan dengan penelitian Andi Alatas (2005) yang menyatakan nilai tukar rupiah mempengaruhi ekspor CPO, sehingga dalam jangka panjang nilai tukar rupiah perlu dijaga kestabilannya dan perkembangan populasi perlu diperhatikan proyeksinya untuk memetakan kebutuhan negara tujuan ekspor karena akan berkaitan dengan produksi nasional. Selain itu, tingkat harga CPO internasional yang harus selalu dipantau untuk mengetahui potensi ekspor minyak kelapa sawit. Hasil pemodelan terdapat 4 negara yang dapat menjadi prioritas sebagai negara tujuan ekspor untuk mendukung performa komoditas minyak kelapa sawit nasional, antara lain India, Belanda, Spanyol, dan Italia. Isu mengenai minyak kelapa sawit yang menjadi

perhatian dunia juga perlu dikelola untuk meningkatkan kepercayaan masyarakat dunia terhadap kualitas minyak kelapa sawit nasional.

Pandemi covid-19 memang tidak secara langsung mempengaruhi produktivitas ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia, bahkan pada masa pandemi, nilai ekspor minyak kelapa sawit tetap meningkat. Kesejahteraan para petani perlu menjadi perhatian sebagai bagian dari rantai pasok produksi minyak kelapa sawit nasional.

Indeks komposit *google trends* memiliki korelasi positif terhadap ekspor minyak kelapa sawit. Hal ini menunjukkan animo masyarakat terkait hal-hal yang berkaitan dengan kelapa sawit dan makro ekonomi yang mempengaruhinya masih tinggi. Kondisi tersebut dapat menjadi dasar bagi pemerintah, maupun institusi lainnya untuk mendorong literasi masyarakat khususnya para petani maupun perusahaan perkebunan sawit serta industri pengolahan untuk tetap menjaga kualitas produksi serta memperhatikan isu lingkungan yang terus bergulir.

Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan kata kunci yang tidak hanya berdasarkan subjektif peneliti namun dapat melakukan *web scrapping* dari berbagai sumber untuk memperoleh kata kunci yang lebih variatif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andi Alatas. (2015). Trend Produksi dan Ekspor Minyak Sawit (CPO) Indonesia. *Agraris*, 1(2), 114–124. <https://doi.org/10.18196/1215>
- BPS. (2021a). *Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri Ekspor Menurut Kelompok Komoditi dan Negara, Agustus 2021*. <https://www.bps.go.id/publication/download.html?nrbvfeve=NWViNDY0NGNiYTgwZjcxNmVkNjk5OGEw&xzmn=aHR0cHM6Ly93d3cuYnBzLmdvLmlkL3B1YmxpY2F0aW9uLzIwMjEvMTAvMjkvNWViNDY0NGNiYTgwZjcxNmVkNjk5OGEwL2J1bGV0aW4tc3RhdGlzdGlrLXB1cmRhZ2FuZ2FuLWx1YXItbmVnZXJpLWVrc3Bvci1tZW51cnV0LWtlbG9tcG9rLWtvbW9kaXRpLWRhbi1uZWdhcmEtLWFndXN0dXMtMjAyMS5odGls&twoadfnoarfeauf=MjAyMi0wOS0xNCAxNToxOT01OA%3D%3D>
- BPS. (2021b). *Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Triwulan III-2021*. <https://www.bps.go.id/pressrelease/2021/11/05/1814/ekonomi-indonesia-triwulan-iii-2021-tumbuh-3-51-persen--y-on-y-.html>
- Fosu, O. E., & Magnus, F. J. (2008). Aggregate Import Demand and Expenditure Components in Ghana. *Journal of Social Sciences*, 4, 1-6. *Journal of Social Sciences*, 4(1). <https://thescipub.com/pdf/10.3844/jssp.2008.1.6>
- Hardy, J. (2015). Analisis Determinan Ekspor Crude Palm Oil (CPO) Indonesia Ke Uni Eropa. *Jurnal Ilmiah INTEGRITAS*.
- Kotler, P and Armstrong. 2010. Principles of Marketing, thirteen edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Mankiw, N. Gregory. (2015). Principles Of Economics. Stamford: Cengage Learning.
- Maulana, A. and Fitri Kartiasih. (2017). Analisis Ekspor Kakao Olahan Indonesia ke Sembilan Negara Tujuan Tahun 2000–2014. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 17(2).
- Nuti, S. V., Wayda, B., Ranasinghe, I., Wang, S., Dreyer, R., Chen, S., & Murugiah, K. (2014). The use of google trends in health care research: A systematic review. *PLoS ONE*, 9(10). <https://journals.plos.org/plosone/article/file?type=printable&id=10.1371/journal.pone.0109583>

- Paramartha, I., & Setyari, N. (2020). PENGARUH PRODUKSI, NILAI TUKAR DOLLAR AMERIKA SERIKAT, DAN INFLASI TERHADAP EKSPOR MINYAK SAWIT INDONESIA. *E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*, 9(12). <https://ojs.unud.ac.id/index.php/eep/article/view/64572/37655>
- Patricia, J. (2021). *Peramalan Laju Produk Domestik Bruto Indonesia dengan Data Google Trends Menggunakan Metode Neural Network dan eXtreme Gradient Boosting*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pujoalwanto, B. (2014). *Perekonomian Indonesia Tinjauan Historis, Teoritis dan Empiris*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Rahardja, Prathama dan Mandala Manurung. (2015). *Pengantar Ilmu Ekonomi (Mikroekonomi Dan Makroekonomi)*. Edisi Ketiga. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Salvatore, D. (2014). *Ekonomi Internasional: Salemba Empat*, Jakarta.
- Samuelson, P. A., Saragih, F., Nordhaus, W. D., Sumiharti, Y., Tambunan, R., & Munandar, H. (1995). *Makroekonomi*. Erlangga.
- Saragih, F. H., Darwanto, D. H., & Masyhuri, M. (2013). Analisis Daya Saing Ekspor Minyak Kelapa Sawit (CPO) Sumatera Utara di Indonesia. *Agro Ekonomi*, 24(1). <https://doi.org/10.22146/agroekonomi.17695>
- Sukirno, S. (2006). *Ekonomi Pembangunan: Proses, Masalah, dan Dasar Kebijakan* (2nd ed.). Kencana.
- Sukirno, Sadono. 2010. *Mikroekonomi Teori Pengantar*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Sukirno, Sadono. (2011). *Makroekonomi Teori Pengantar*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Taylor, H. M., & Karlin, S. (1984). *An Introduction to Stochastic Modeling—1st Edition*. <https://www.elsevier.com/books/an-introduction-to-stochastic-modeling/taylor/978-0-12-684880-9>
- Website Badan Pusat Statistik Republik Indonesia*. (n.d.). [www.bps.go.id/](http://www.bps.go.id/)
- Website Bank Indonesia*. (n.d.). [www.bi.go.id/](http://www.bi.go.id/)
- Website CEIC*. (n.d.). [www.ceicdata.com/](http://www.ceicdata.com/)
- Website Google*. (n.d.). [www.trends.google.co.id/trends](http://www.trends.google.co.id/trends)
- Website Index Mundi*. (n.d.). [www.indexmundi.com/](http://www.indexmundi.com/)
- Website The Global Economy*. (n.d.). [www.theglobaleconomy.com/](http://www.theglobaleconomy.com/)
- Website XE Business*. (n.d.). [www.xe.com/](http://www.xe.com/)

## **ANALISIS EFISIENSI TEKNIS PERKEBUNAN KAKAO SUMATERA UTARA DENGAN PENDEKATAN STOCHASTIC FRONTIER (SFA)**

*Technical Efficiency Analysis of Cocoa Plantations in Sumatera Utara with  
Stochastic Frontier Approach (SFA)*

Lamhot Gibson H Pane

Badan Pusat Statistik Kabupaten Batubara, *E-mail* : lamhot.pane@gmail.com

### **ABSTRAK**

Defisit ketersediaan kakao global membuka kesempatan bagi Indonesia untuk mendorong dan menjadikan kakao sebagai salah satu komoditas andalan ekspor. Provinsi-provinsi sentra penghasil kakao di Indonesia memiliki peluang untuk meraih kesempatan itu. Akan tetapi Sumatera Utara sebagai salah satu provinsi sentra penghasil biji kakao nasional belum mencapai hasil produksi yang optimal. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah meningkatkan produktivitasnya melalui peningkatan efisiensi teknis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa efisiensi teknis produksi kakao dan variabel yang mempengaruhi inefisiensi teknis usaha perkebunan kakao di Provinsi Sumatera Utara dengan menggunakan data hasil Survei Komoditas Strategis (KOMSTRAT) Kakao 2019. Hasil analisis dengan metode *stochastic frontier analysis* (SFA) menunjukkan bahwa efisiensi teknis rata-rata perkebunan kakao rakyat sebesar 0,6069. Variabel yang berpengaruh signifikan terhadap inefisiensi teknis perkebunan kakao rakyat di Provinsi Sumatera Utara adalah jarak tanam, pola tanam polikultur, fermentasi biji, kelompok tani, dan penghasilan utama pekebun.

Kata kunci: kakao, efisiensi teknis, *stochastic frontier analysis* (SFA)

### **ABSTRACT**

*The global cocoa supply deficit opens up opportunities for Indonesia to encourage and make cocoa as one of the potential export commodities. Cocoa producing-center provinces in Indonesia have the opportunities to achieve it. However, North Sumatra as one of the largest cocoa producers has not reached optimal production yet. One of the strategies is to improve productivity through increasing technical efficiency. This study aims to analyze technical efficiency of cocoa production and variables that affect the technical inefficiencies of smallholder cocoa farmers in North Sumatra Province using raw data of Cocoa Strategic Commodity Survey 2019. Observation unit in this study is 1,478 smallholder cocoa farmers. The analysis method uses a parametric approach, Stochastic Frontier Analysis (SFA). The results of SFA present that the average of cocoa farmers' as of 0.6069. The factors that significantly influence inefficiency of cocoa farming are planting distance, diversification crops, fermented cocoa seeds, farmer groups, and farmer's income.*

*Keywords: cocoa, technical efficiency, stochastic frontier analysis (SFA)*

## **I. PENDAHULUAN**

FAO (2021) menempatkan Indonesia sebagai negara penghasil biji kakao terbesar ketiga setelah Pantai Gading dan Ghana. Kontribusi biji kakao dari ketiga negara tersebut secara berurutan sebesar 1.963.949 ton (37,39%), 947.632 ton (18,43%), 593.832 ton (11,31%). Bahkan secara global produksi kakao dari ketiga negara tersebut mencapai 66,74% dari total produksi dunia. Meskipun produksi biji kakao global secara statistik terlihat besar, tetapi total produksi tersebut ternyata masih belum cukup untuk memenuhi permintaan terhadap biji kakao secara global (FAO, 2019). ICCO (2019) mengemukakan bahwa selama sepuluh tahun terakhir telah terjadi defisit ketersediaan kakao. Menurut Voora (2019) terjadinya defisit ketersediaan itu disebabkan oleh adanya penurunan hasil produksi biji kakao yang terjadi secara global, di satu sisi kebutuhan terhadap biji kakao mengalami peningkatan permintaan yang cukup pesat. Fenomena defisit ketersediaan biji kakao tersebut besar kemungkinan akan berlangsung dalam jangka waktu yang cukup panjang (Tohmihaly dkk., 2019).

Fenomena defisit ketersediaan kakao yang sedang terjadi merupakan momentum yang baik bagi negara-negara penghasil biji kakao seperti Indonesia. Indonesia dapat memanfaatkan fenomena itu untuk mendorong dan menjadikan kakao sebagai salah satu komoditas andalan ekspor selain kelapa sawit, kopi, karet dan kelapa. Apabila pemerintah Indonesia mampu memanfaatkan situasi tersebut maka target RPJP (2020-2025) dalam meningkatkan produktivitas dan daya saing perkebunan rakyat dapat tercapai. Dengan demikian kesejahteraan para pekebun kakao di Indonesia dapat meningkat (Effendy dkk., 2013).

Posisi Indonesia sebagai negara penghasil kakao terbesar ketiga di dunia bukan berarti mempermudah Indonesia untuk mencapai peningkatan produksi kakao yang maksimal dan menguasai pasar kakao global. BPS (2018) mengemukakan bahwa pelaku usaha perkebunan kakao di Indonesia didominasi oleh para pekebun kakao rakyat. Meskipun pekebun rakyat mendominasi luas lahan perkebunan kakao nasional sebesar 97,75% namun capaian produktivitas perkebunan kakao rakyat hanya 345,80 kg/ha. Angka produktivitas perkebunan kakao rakyat sangat jauh tertinggal dibandingkan perkebunan besar negara dan swasta yang mampu mencapai produktivitas 818,67 kg/ha dan 640,67 kg/ha (BPS,2018). Produktivitas perkebunan kakao rakyat telah menurun drastis dibanding dengan capaian produktivitas kakao pada tahun 1980-1990 yang mampu mencapai 750 kg/ha hingga 1500 kg/ha (Hoffmann dkk. 2020).

Produktivitas biji kakao Indonesia yang tergolong rendah ternyata terjadi di hampir semua provinsi di Indonesia. Bahkan 9 (sembilan) provinsi sentra penghasil biji kakao nasional juga tidak ada yang mampu mencapai produktivitas 1000 kg/ha. Provinsi Sumatera Utara (Sumut) sebagai salah satu dari sembilan provinsi sentra penghasil biji kakao hanya mampu mencapai produktivitas sekitar 402 kg/ha dengan kontribusi hanya sekitar 4,16% terhadap produksi

nasional. Capaian produktivitas kakao tersebut menempatkan Provinsi Sumatera Utara berada di posisi terendah dibanding delapan provinsi sentra penghasil biji kakao lainnya (BPS, 2018).

Potensi optimal dari 1 hektar tanaman kakao dapat menghasilkan 900 kg/ha hingga 1400 kg/ha biji kakao kering (Puslitbang Perkebunan, 2010). Bila melihat capaian produktivitas biji kakao di Provinsi Sumut maka diindikasikan bahwa proses produksi biji kakao yang dilakukan oleh usaha perkebunan kakao rakyat di Sumut belum memproduksi secara optimal. Kesenjangan (*gap*) yang terjadi antara produktivitas aktual dan potensial menunjukkan bahwa proses produksi biji kakao belum efisien secara teknis (Sari, 2017). Peningkatan produksi aktual biji kakao kering menuju produksi optimalnya dapat dilakukan dengan memperbaiki atau meningkatkan efisiensi teknis perkebunan kakao (Eyitayo dkk., 2011).

Studi-studi sebelumnya tentang efisiensi teknis perkebunan kakao sudah cukup banyak dilakukan. Sebagian besar studi tersebut dilakukan di negara-negara penghasil kakao, seperti di Indonesia [Effendi, dkk. (2013; 2017), Sari (2017), Tothmihaly, dkk. (2017), Asri, dkk. (2019), Rinaldi dkk. (2013)], di Ghana [Besseh & Sangho Kim (2014), Attipoe et al. (2020)], di Nigeria [Eyitayo, dkk. (2011), Awotide, dkk. (2015), Fawole, dkk. (2018)], dan di Malaysia oleh Fadzim dkk. (2016). Secara umum, tingkat efisiensi teknis yang diperoleh dari beberapa studi di atas hampir relatif seragam, yaitu berada pada tingkat 0,5 hingga 0,8. Besaran efisiensi teknis pada tingkatan tersebut menyatakan bahwa masih memungkinkan para pelaku usaha perkebunan kakao untuk melakukan peningkatan efisiensi teknis.

Namun demikian, untuk mencapai proses produksi atau budidaya kakao yang efisien secara teknis bukan suatu hal yang mudah untuk dilakukan oleh para pekebun kakao. Keputusan pekebun dalam pengalokasian berbagai input secara efisien sangat mungkin terganggu dan terpengaruh oleh faktor dari luar diri pekebun. Dengan kata lain terdapat beberapa hambatan yang dihadapi oleh para pekebun untuk meningkatkan efisiensi teknis dari perkebunan yang dikelolanya. Hambatan-hambatan itu dapat berkaitan dengan karakteristik sosial ekonomi maupun faktor manajerial yang dimiliki pekebun kakao seperti, status kepemilikan lahan (Mutiasari, 2017), penggunaan benih berkualitas (Obeng dan Adu (2016), penerapan jarak tanaman (Estariza dkk., 2013), pola tanam polikultur (Ofori-Bah dan Adjaye, 2011), proses fermentasi biji kakao (Rinaldi dkk., 2013), keanggotaan dalam kelompok tani (Nicodem dkk., 2017), bantuan pemerintah, dan masih banyak lagi.

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian ini bertujuan untuk : (1) menganalisis tingkat efisiensi teknis, (2) menganalisis faktor penentu efisiensi teknis pada usaha perkebunan kakao rakyat di Provinsi Sumatera Utara. Penelitian ini terdiri dari empat bagian yang ditulis secara terstruktur dan sistematis. Bagian pertama adalah pendahuluan, bagian kedua metode penelitian, bagian ketiga hasil dan pembahasan, dan bagian keempat adalah kesimpulan.

## II. METODE PENELITIAN

### Data dan Unit Observasi

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data *cross section* yang merupakan *raw data* hasil Survei Komoditas Strategis Tanaman Kakao (Komstrat Kakao) Tahun 2019, yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Republik Indonesia. Responden dalam survei Komstrat Kakao tersebut merupakan rumah tangga usaha perkebunan kakao (pekebun kakao rakyat) yang aktif membudidayakan tanaman kakao selama tahun 2019. Pada penelitian ini, sebanyak 1.478 pekebun kakao rakyat di Provinsi Sumatera Utara digunakan sebagai unit observasi (unit analisis).

### Teknik Analisis

Pengukuran efisiensi teknis dan analisis faktor penentu inefisiensi teknis usaha perkebunan kakao rakyat pada penelitian ini menggunakan pendekatan parametrik dengan model fungsi produksi *stochastic frontier* (FPSF) Cobb-Douglas. Model parametrik digunakan atas dasar pertimbangan : (1) pendekatan parametrik lebih kompleks dalam mengakomodir perhitungan *error* yang melibatkan efek *statistical noise* dan efek inefisiensi teknis, (2) pendekatan parametrik dapat menganalisis model persamaan fungsi produksi dan model inefisiensi teknis secara simultan (Coelli dkk., 1998).

Konsep penting dari pengukuran efisiensi teknis adalah memahami bahwa efisiensi teknis merupakan rasio antara *output* aktual yang dihasilkan produsen (pekebun kakao) terhadap *output* potensial yang memungkinkan untuk dicapai oleh produsen. Analogi tersebut secara matematis dituliskan dalam bentuk persamaan berikut (Coelli dkk., 1998) :

$$TE_i = \frac{Y_i}{Y_i^*} = \frac{Y_i}{\exp(\beta X_{ij})} = \frac{\sum_{j=1}^5 \exp(\beta_{ij} - U_{ij})}{\sum_{j=1}^5 \exp(\beta X_{ij})} = \exp(-U_{ij}) \quad (1)$$

Dimana nilai hasil pengukuran efisiensi teknis Persamaan (1) akan berada pada rentang nol dan satu ( $0 \leq TE \leq 1$ ). Semakin mendekati satu maka dikatakan semakin efisien secara teknis dan jika semakin mendekati nol akan semakin tidak efisien secara teknis proses produksi yang dilakukan.

Selanjutnya, dalam mengestimasi penyebab inefisiensi teknis maka digunakan fungsi produksi *stochastic frontier* Cobb-Douglas, dengan spesifikasi model dalam bentuk logaritma natural di jabarkan sebagai berikut :

Model fungsi produksi Cobb-Douglas :

$$\ln \ln (Y_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln \ln X_{1i} + \beta_2 \ln \ln X_{2i} + \beta_3 \ln \ln X_{3i} + \beta_4 \ln \ln X_{4i} + (v_i - u_i) \quad (2)$$

Dimana  $Y_i$  adalah produksi biji kakao (kg),  $X_1$  adalah pohon kakao produktif (pohon),  $X_2$  adalah penggunaan pupuk (000 rupiah),  $X_3$  adalah penggunaan pestisida (000 rupiah),  $X_4$  adalah tenaga kerja (HOK),  $\beta_0$  adalah intersep,  $\beta_i$  adalah koefisien parameter variabel input produksi,  $v_i$  adalah *statistical noise* yang secara identik terdistribusi normal atau  $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$ ,  $u_i$  adalah efek inefisiensi teknis yang secara identik terdistribusi normal atau  $u_i \sim N(0, \sigma_u^2)$ , dan  $i = 1, 2, 3, \dots, 1478$ . Perolehan nilai estimasi koefisien seluruh parameter  $\beta_i$  dari pengujian statistik diharapkan bernilai positif, yaitu  $\beta_i > 0$

Model inefisiensi teknis :

$$u_i = \delta_0 + \delta_1 Z_{1i} + \delta_2 Z_{2i} + \delta_3 Z_{3i} + \delta_4 Z_{4i} + \delta_5 Z_{5i} + \delta_6 Z_{6i} + \delta_7 Z_{7i} + \delta_8 Z_{8i} \quad (3)$$

Dimana  $u_i$  adalah efek inefisiensi teknis,  $Z_1$  adalah kepemilikan lahan,  $Z_2$  adalah kualitas bibit,  $Z_3$  adalah jarak tanam,  $Z_4$  adalah pola tanam polikultur,  $Z_5$  adalah fermentasi biji kakao,  $Z_6$  adalah keanggotaan dalam kelompok tani,  $Z_7$  adalah subsidi pemerintah,  $Z_8$  adalah sumber penghasilan utama,  $\delta_0$  adalah intersep/konstanta,  $\delta_i$  adalah koefisien estimator parameter inefisiensi. Variabel  $Z_1$  hingga  $Z_8$  merupakan variabel *dummy* dengan karakteristik, D berkode 1 untuk kategori ya, dan berkode 0 untuk kategori tidak. Perolehan nilai estimasi koefisien seluruh parameter  $\delta_i$  dari pengujian statistik diharapkan bernilai negatif, yaitu  $\delta_i < 0$

Persamaan (2) dan Persamaan (3) akan dianalisis secara simultan dengan menggunakan metode *Maksimum Likelihood Estimation* (MLE) yang olah menggunakan aplikasi statistik FRONTIER 4.1.

### Hipotesis

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian hipotesis terhadap model *stochastic frontier* usaha perkebunan kakao rakyat Sumatera Utara. Pengujian hipotesis tersebut meliputi : (1) uji distribusi komponen inefisiensi teknis, untuk mengetahui apakah  $u_i$  berdistribusi *half normal* atau *truncated normal*, (2) uji keberadaan efek inefisiensi teknis, untuk mengetahui apakah terdapat efek inefisiensi atau tidak pada model usaha perkebunan kakao, (3) uji signifikansi parameter model fungsi produksi Cobb-Douglas dan model inefisiensi teknis untuk mengetahui variabel yang berpengaruh signifikan terhadap produksi biji kakao dan terhadap efek inefisiensi teknis. (Coelli dkk., 1998). Seluruh pengujian hipotesis dalam penelitian ini dibantu dengan menggunakan aplikasi statistik FRONTIER 4.1.

Pada penelitian akan dilakukan juga pengujian terhadap skala hasil usaha (*return to scale* (RTS)) yang diperoleh dari hasil penjumlahan koefisien elastisitas produksi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah perkebunan kakao rakyat berada pada kondisi *constant return to scale* (CRS), *increasing return to scale* (IRS) atau *decreasing return to scale*

(DRS). Pengujian hipotesis ini dilakukan dengan merestriksi model fungsi produksi (tanpa komponen error  $v_i$  dan  $u_i$ ) dengan membagi ketiga variabel input produksi pada model ( $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_3$ ) dengan variabel input  $x_4$ . Tahapan pengujian RTS ini diuraikan sebagai berikut :

Penentuan hipotesis :

$$H_0 : \sum_{j=1}^5 \beta_j = 1 (\text{constant return to scale})$$

$$H_1 : \sum_{j=1}^5 \beta_j \neq 1 (\text{bukan constant return to scale})$$

dimana  $j$  adalah variabel input produksi

Statistik uji :

$$Uji F = \frac{RSS_R - RSS_{UR}/m}{RSS_{UR}/(n-k)} \quad (4)$$

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisis Deskriptif

Berdasarkan Tabel 1 tampak bahwa dari 1.478 pekebun kakao secara rata-rata mampu menghasilkan biji kakao kering sekitar 363,69 kilogram. Tetapi jika melihat dari perolehan nilai standar deviasi sebesar 330,337 dapat dikatakan bahwa hasil produksi biji kakao yang diperoleh dari setiap pekebun sangat berbeda atau heterogen satu dengan yang lain. Hal tersebut diperjelas dengan rentang hasil produksi biji kakao dimana terdapat pekebun kakao yang hanya menghasilkan biji kakao kering sebanyak 12 kg dan pekebun kakao lainnya mampu memperoleh hasil biji kakao kering hingga mencapai 2.700 kg.

Perbedaan hasil produksi tersebut terjadi karena masing-masing pekebun memiliki jumlah pohon kakao produktif yang berbeda-beda. Bahkan dengan jumlah pohon produktif yang sama sekalipun jarang ditemukan hasil produksi biji kakao yang sama jumlahnya. Secara rata-rata pohon, setiap pekebun kakao memiliki pohon kakao produktif sekitar 277 hingga 278 pohon. Bila dilakukan pendekatan terkait ketentuan dari Puslitbang Perkebunan (2010), yang mengemukakan bahwa dalam satu hektar lahan paling sedikit terdapat 400 pohon kakao dan paling banyak terdapat 1380 pohon kakao, maka berdasarkan rata-rata jumlah pohon tersebut dapat dikatakan bahwa sebagian besar pekebun kakao rakyat membudidayakan tanaman kakao dengan luas lahan kurang dari 1 hektar.

**Tabel 1.** Deskripsi Variabel Input Produksi Perkebunan Kakao Rakyat Sumatera Utara, 2019

Variabel	Jumlah Pekebun	Min	Max	Rata-rata	Standar Deviasi
Biji Kakao (kg)	1478	12	2750	363.69	330.337
Pohon (pohon)	1478	70	1050	277.50	186.818
Pupuk (ribu Rp)	1478	6	5000	482.31	517.438
Pestisida (ribu Rp)	1478	8	3000	146.38	241.610
Pekerja (orang)	1478	1	10	2.25	1.123

**Hasil Pengujian Hipotesis**

Pengujian distribusi komponen inefisiensi teknis usaha perkebunan kakao rakyat Sumatera Utara dengan uji statistik rasio likelihood diperoleh hasil sebagai mana yang ditampilkan pada Tabel 2. Tampak bahwa LR Test sebesar 18,1702 lebih besar dibandingkan dengan nilai kritis  $[\chi^2_{(0,01)}]_1$  sebesar 5,412 (Tabel Kodde&Palm). Sehingga  $H_0$  ditolak, dan ditarik kesimpulan bahwa komponen inefisiensi teknis produksi kakao rakyat Sumatera Utara terdistribusi *truncated normal*.

**Tabel 2.** Hasil Uji Distribusi Komponen Inefisiensi Teknis

Hipotesis	Log Likelihood	LR Test	Nilai Kritis	Keputusan
$H_0 : \mu = 0$ (half normal)	-1419,3395			
$H_1 : \mu \neq 0$ (truncated normal)	-1410,2544	18,1702	5,412	Tolak $H_0$

Sumber : output Frontier 4.1 (pengolahan data)

Selanjutnya pengujian keberadaan efek inefisiensi teknis pada proses produksi. Tahap pengujian ini merupakan jembatan sebelum melakukan analisis faktor penentu inefisiensi teknis. Hasil pengujian ini ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Uji Keberadaan Efek Inefisiensi Teknis

Hipotesis	Log Likelihood	LR Test	Nilai Kritis	Keputusan
$H_0 : \gamma = 0$ (tidak ada e.ineff)	-1490,9259			
$H_1 : \gamma \neq 0$ (ada e.ineff)	-1410,2544	161,3431	8,273	Tolak $H_0$

Sumber : output Frontier 4.1 (pengolahan data).

Nilai LR Test pada Tabel 3 lebih besar dibandingkan dengan nilai kritis, oleh karena itu  $H_0$  ditolak dan ditarik kesimpulan bahwa terdapat efek inefisiensi teknis dalam proses produksi biji kakao pada usaha perkebunan kakao rakyat Sumatera Utara.

**Estimasi Fungsi Produksi Frontier Stochastic Cobb-Douglass**

Estimasi parameter fungsi produksi stochastic frontier Cobb-Douglas dengan metode MLE menunjukkan kinerja terbaik dari usaha perkebunana kakao rakyat di Sumatera Utara dalam mencapai produksi potensial pada tingkat teknologi yang digunakan. Hasil analisis tersebut ditampilkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Estimasi Parameter Fungsi Produksi Stokastik dengan MLE

Variabel	Parameter	Koefisien	t-ratio
Konstanta	$\beta_0$	2,6721***	17,9082
Pohon ( $x_1$ )	$\beta_1$	0,2680***	10,1111
Pupuk ( $x_2$ )	$\beta_2$	0,2323***	12,0954
Pestisida ( $x_3$ )	$\beta_3$	0,0904***	5,53247
Pekerja ( $x_4$ )	$\beta_4$	0,4235***	11,1275

Keterangan: (\*\*\*) signifikan pada  $\alpha = 1\%$ .

sumber: Frontier 4.1 (pengolahan data)

Berdasarkan uji statistik *t-ratio* dengan taraf signifikansi  $\alpha = 1\%$  diperoleh hasil bahwa keempat variabel *input* produksi secara signifikan berpengaruh terhadap *output* produksi biji kakao kering di Sumatera Utara. Variabel pohon berpengaruh positif dan signifikan terhadap hasil produksi biji kakao kering. Nilai koefisien yang juga merupakan nilai elastisitas produksi parsial sebesar 0,2680 memberi makna bahwa ketika terjadi penambahan jumlah pohon produktif sebesar 1% akan meningkatkan produksi biji kakao kering sebesar 0,26%, dengan asumsi variabel input lainnya konstan. Begitu juga dengan variabel pupuk yang berpengaruh positif dan signifikan, mampu meningkatkan produksi biji kakao sebesar 0,23 % ketika pekebun kakao meningkatkan jumlah penggunaan pupuk. Untuk variabel pestisida juga memberi pengaruh yang sama, dimana peningkatan penggunaan pestisida sebesar 1% akan meningkatkan hasil produksi biji kakao sebesar 0,09% namun peningkatan produksi yang diberikan tidak terlalu signifikan perubahannya. Sementara itu, variabel tenaga kerja merupakan variabel dengan elastistas produksi parsial terbesar, dimana ketika peningkatan jumlah tenaga kerja sebesar 1% akan meningkatkan hasil produksi sebesar 0,42%.

Hasil analisis dari variabel-variabel input dalam penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Ofori-Bah dan Adjaye (2011), Danil (2012) yang mengemukakan bahwa jumlah pohon produktif berpengaruh terhadap peningkatan produksi biji kakao. Sementara itu Cobbina (2014), Sumarno dkk.(2018) mengemukakan bahwa pemupukan berpengaruh dalam meningkatkan produksi biji kakao. Obeng dan Adu (2016), Rinaldi dkk.(2013) juga memperoleh pengaruh peningkatan produksi yang tidak besar dari penggunaan pestisida dengan perolehan nilai

elastisitas secara urut sebesar 0,0632; 0,132; dan 0,054. Effendy dkk. (2013) juga mengemukakan bahwa tenaga kerja mampu meningkatkan hasil produksi biji kakao.

Selanjutnya dilakukan perhitungan *return to scale* (RTS), untuk mengetahui apakah proses produksi biji kakao mengikuti kaidah *increasing*, *constant* atau *decreasing returns to scale*. Besarnya nilai RTS diperoleh dari hasil penjumlahan elastisitas produksi yang sekaligus sebagai nilai koefisien masing-masing variabel input produksi. Dengan demikian besaran nilai RTS adalah  $0,2680 + 0,2323 + 0,0904 + 0,4235 = 1,0142$ . Besarnya nilai RTS lebih besar dari 1 ( $\sum \beta_j > 1$ ), yang memberi arti bahwa fungsi produksi berada pada kondisi skala usaha *Increasing Return to Scale*.

Melihat nilai RTS yang tidak berbeda jauh dengan 1 (satu) maka perlu melakukan pengujian terhadap nilai RTS. Tujuan pengujian RTS adalah untuk memperoleh ketepatan dalam menentukan kondisi skala usaha apakah *increasing*, *constant* atau *decreasing return to scale*. Pengujian RTS dilakukan dengan merestriksi fungsi produksi seperti yang dijelaskan pada bagian metodologi penelitian ini. Hasil pengujian restriksi fungsi produksi diperoleh nilai *p-value* sebesar 0,003. Nilai *p-value* tersebut lebih kecil dibandingkan dengan taraf signifikansi  $\alpha$  sebesar 0,05 ( $p\text{-value} < \alpha$ ). Kesimpulan yang diambil atas hasil uji statistik tersebut adalah skala usaha perkebunan kakao rakyat di Sumatera Utara bukan merupakan skala hasil konstan (*constant return to scale*) melainkan skala hasil meningkat (*increasing return to scale*), dimana IRS sebesar 1,01.

**Efisiensi Teknis dan Faktor Penentu Inefisiensi Teknis**

Hasil estimasi pada Tabel 5 menampilkan estimasi parameter gamma ( $\gamma$ ), yang berdasarkan hasil pengujian statistik *t-ratio* dinyatakan signifikan pada tingkat  $\alpha=1\%$ . Nilai koefisien  $\gamma$  sebesar 0,8683 memberi arti bahwa 86,83% variasi residual pada model bersumber dari inefisiensi teknis proses produksi kakao ( $u_i$ ) dan sisanya sebesar 13,17% bersumber dari *random error* ( $v_i$ ) yang berada diluar kendali pekebun kakao, hal tersebut seperti kondisi iklim, curah hujan, kelembaban udara, dan lain sebagainya.

**Tabel 5.** Hasil Estimasi Parameter Fungsi Produksi Stokastik dengan MLE

Variabel	Parameter	Koefisien	t-ratio
Konstanta	$\delta_0$	1,45765***	6,1575
Lahan ( $z_1$ )	$\delta_1$	0,20433	0,9388
Benih ( $z_2$ )	$\delta_2$	-0,24957	-1,2759
Jarak tanam ( $z_3$ )	$\delta_3$	-0,86489***	-6,1548
Pola polikultur ( $z_4$ )	$\delta_4$	-0,94780***	-6,1800
Fer. Biji ( $z_5$ )	$\delta_5$	-0,28321*	-1,6684
Poktan ( $z_6$ )	$\delta_6$	-0,61255***	-4,8074

Bantuan ( $z_7$ )	$\delta_7$	0,35418	1,6176
Penghasilan utama ( $z_8$ )	$\delta_8$	-1,02385***	-5,9069
Gamma	$\gamma$	0.8683***	39,6327
TE rata-rata		<b>0,6069</b>	0,07 $\leq$ TE $\leq$ 0,91
Keterangan: (*), (**), (***) signifikan pada $\alpha$ : 10%, 5% dan 1%			

Sumber: Frontier 4.1 (pengolahan data)

Nilai perolehan dari efisiensi teknis rata-rata dari seluruh pekebun kakao sebesar 0,6069 dengan rentang efisiensi teknis 0,07 hingga 0,91(Tabel 5). Tingkat efisiensi teknis rata-rata tersebut memberi arti bahwa secara keseluruhan para pelaku usaha perkebunan kakao rakyat Sumatera Utara dalam penelitian ini belum efisien secara teknis karena perolehan nilai efisiensi teknis rata-rata masih dibawah 0,70 (Coelli dkk.,1998). Nilai tersebut menjelaskan bahwa secara umum, hasil produksi biji kakao yang dicapai oleh para pekebun kakao rakyat hanya 60,69% dari produksi potensialnya. Dengan kata lain hasil produksi aktual yang dicapai lebih kecil 39,31% dari produksi potensial yang seharusnya bisa dicapai oleh para pekebun kakao.

Hasil pengujian parameter variabel-variabel yang diduga berpengaruh terhadap inefisiensi teknis pada usaha perkebunan kakao rakyat di Sumatera Utara, ditampilkan pada Tabel 5. Pada  $\alpha=1\%$ , variabel jarak tanam, pola tanam polikultur, keikutsertaan dalam kelompok tani, dan sumber penghasilan utama berpengaruh signifikan terhadap inefisiensi teknis. Pada  $\alpha=10\%$  variabel fermentasi biji kakao berpengaruh signifikan terhadap inefisiensi teknis. Variabel status kepemilikan lahan, benih dan penerimaan bantuan dinyatakan tidak berpengaruh signifikan sebagai penyebab inefisiensi teknis pada model penelitian tersebut.

Variabel jarak tanam berpengaruh secara negatif dan signifikan terhadap inefisiensi teknis usaha perkebunan kakao Sumatera Utara dengan nilai koefisien sebesar -0,864. Nilai koefisien yang negatif sesuai dengan hipotesis, yang memberi makna bahwa pekebun kakao yang menanam kakao dengan jarak tanam tertentu inefisiensi teknisnya lebih rendah dibandingkan pekebun yang tidak menerapkan jarak tanam tertentu. Dengan kata lain pekebun yang menanam kakao dengan jarak tertentu lebih efisien secara teknis dibanding yang tidak menerapkan jarak tanam tertentu. Hasil ini sejalan dengan penelitian Estariza dkk. (2013) yang mengemukakan bahwa pekebun yang menerapkan jarak tanam tertentu antar satu pohon dengan pohon lainnya lebih efisien secara teknis. Jarak antar tanaman yang teratur membantu tanaman kakao untuk memperoleh paparan sinar matahari serta menghindari ranting tanaman saling bersentuhan, sehingga dapat meningkatkan proses pertumbuhan dan pembuahan biji kakao menjadi lebih baik.

Variabel polikultur berpengaruh negatif dan signifikan terhadap inefisiensi teknis dengan nilai koefisien sebesar -0,9478. Koefisien yang bernilai negatif sesuai dengan hipotesis

diharapkan. Hasil tersebut menjelaskan bahwa pekebun kakao yang menerapkan pola tanam polikultur lebih efisien secara teknis dibandingkan dengan pekebun yang tidak melakukan pola tanam polikultur (hanya tanaman kakao) dalam satu hamparan lahan. Hasil tersebut sejalan dengan hasil penelitian oleh Ofori-Bah dan Adjaye (2011), Basseah dan Kim (2014) dan Ariani (2017) yang mengemukakan bahwa peningkatan efisiensi teknis usaha perkebunana kakao dipengaruhi secara nyata oleh pola tanam polikultur. Pola tanam polikultur memberikan keuntungan berupa : (1) terjadinya simbiosis mutualisme antara jenis tanaman yang berbeda, dimana suatu jenis tanaman berperan sebagai pelindung terhadap tanaman jenis lainnya. (2) perbedaaan jenis akar tanaman yang tertanam ditanah mampu menggemburkan dan meningkatkan kesuburan tanah. Sehingga tanaman kakao mampu menyerap unsur hara yang lebih baik.

Variabel fermentasi biji kakao secara nyata berpengaruh negatif terhadap inefisiensi teknis usaha perkebunan kakao Sumatera Utara, dengan perolehan nilai koefien sebesar -0,2832 hasil ini sesuai dengan hipotesis yang ditentukan. Tanda negatif pada koefisien dapat dimaknai sebagai, pekebun kakao yang melakukan proses fermentasi biji kakao memiliki level efisiensi teknis yang lebih tinggi dibandingkan pekebun kakao yang tidak menerapkan proses fermentasi biji kakao. Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rinaldi, dkk. (2013) yang belum berhasil membuktikan secara empiris adanya pengaruh negatif proses fermentasi biji kakao terhadap inefisiensi teknis usaha perkebunan kakao di Bali. Namun pada penelitian ini hipotesis tersebut dapat dibuktikan secara empiris.

Variabel kelompok tani secara signifikan berpengaruh negatif terhadap inefisiensi teknis usaha perkebunan kakao dengan perolehan nilai koefisien sebesar 0,61255. Koefisien yang bertanda negatif memberi arti bahwa pekebun kakao yang tergabung dalam kelompok tani dapat menurunkan level inefisiensi teknis teknis. Dengan kata lain pekebun yang tergabung dalam kelompok tani akan lebih efisien secara teknis dibandingkan dengan pekebun kakao yang tidak tergabung ke dalam kelompok tani. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Cobbina (2014), Sari (2017), Sumarno, dkk. (2018), Ehiakpor, dkk. (2015), Awotide dkk., (2015) yang mengemukakan bahwa keanggotaan pekebun kakao didalam kelompok tani dapat meningkatkan efisiensi teknis usaha perkebunan kakao. Kelompok tani menjadi lembaga bagi pekebun kakao untuk saling bertukar informasi dan menambah wawasan dan pemahaman dalam membudidayakan kakao secara tepat.

Variabel sumber penghasilan utama pekebun kakao berpengaruh negatif dan signifikan terhadap inefisiensi teknis usaha perkebunan kakao. Koefisien parameter diperoleh sebesar -1,02385 yang memberi arti bahwa pekebun kakao yang sumber mata pencaharian utamanya bersumber dari perkebunan kakao level efisiensi teknisnya lebih tinggi dibanding pekebun kakao yang sumber penghasilan utamanya diluar perkebunan kakao.

Hasil tersebut sejalan dengan Awotide dkk., (2015) yang mengemukakan pekebun kakao yang sumber penghasilan utamanya bersumber dari perkebunan kakao dapat menurunkan level inefisiensi teknis dibandingkan dengan pekebun kakao yang sumber penghasilan utamanya di luar usaha perkebunan kakao. Pekebun kakao yang hanya bergantung kepada hasil pendapatan kakao cenderung lebih fokus dan mencurahkan waktu, tenaga dan sumber daya yang dimilikinya untuk dapat memperoleh hasil produksi kakao yang optimal.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis maka pada penelitian ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut: (a) Produksi biji kakao yang dibudidayakan oleh para pekebun kakao di Sumatera Utara dipengaruhi secara positif dan signifikan oleh pohon kakao produktif, penggunaan pupuk, penggunaan pestisida, dan jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam budidaya tanaman kakao. Skala usaha perkebunan kakao rakyat di Sumatera Utara berada pada kondisi *Increasing Return to Scale*. Kondisi *Increasing return to scale* menjelaskan bahwa ketika dilakukan peningkatan seluruh input produksi secara proporsional, maka akan menghasilkan peningkatan output yang jauh lebih besar dibanding peningkatan input produksi itu sendiri. (b) Ukuran rata-rata efisiensi teknis dari usaha perkebunan kakao rakyat diperoleh sebesar 0,60. Berdasarkan nilai tersebut ditarik kesimpulan bahwa secara umum para pekebun kakao rakyat Sumatera Utara belum efisien secara teknis. Sebagian besar para pekebun kakao hanya mampu menghasilkan 60 persen dari produksi biji kakao optimal yang seharusnya dapat dicapai. Kondisi tersebut dapat juga dipahami bahwa sebagian besar usaha perkebunan kakao rakyat Sumatera Utara menghasilkan biji kakao 40 persen lebih rendah dari kemampuan produksi optimal nya. 40 persen produksi biji kakao yang tidak dapat tercapai disebabkan oleh faktor inefisiensi teknis. Melihat capaian level efisiensi teknis tersebut, masih ada peluang atau kesempatan bagi para pekebun kakao untuk dapat meningkatkan hasil produksi biji kakao dengan meningkatkan efisiensi teknisnya (faktor manajerial) pada input dan teknologi yang ada. (c) Faktor-faktor yang mempengaruhi inefisiensi teknis dari usaha perkebunan kakao rakyat Sumatera Utara secara negatif dan signifikan adalah jarak tanam, pola polikultur, fermentasi biji kakao, kelompok tani, dan sumber penghasilan utama. Dengan kata lain pekebun kakao yang menanam kakao dengan memberikan jarak tertentu secara teratur antara setiap tanaman kakao memiliki inefisiensi teknis lebih rendah (lebih efisien secara teknik) dibandingkan dengan pekebun kakao yang tidak menanam dengan jarak tertentu. Pekebun kakao yang menerapkan pola tanam polikultur inefisiensi teknisnya lebih rendah dibandingkan dengan pekebun yang tidak menerapkan pola polikultur. Begitu juga dengan pekebun kakao yang melakukan fermentasi terhadap biji kakao serta tergabung dalam kelompok tani, memiliki inefisiensi teknis yang lebih rendah dibanding pekebun kakao yang tidak melakukan fermentasi biji kakao dan

yang tidak tergabung ke dalam kelompok tani. Selanjutnya pekebun kakao yang sumber penghasilan utamanya bersumber dari hasil usaha budidaya kakao inefisiensi teknisnya lebih rendah dibandingkan pekebun kakao yang sumber penghasilan utamanya bukan dari budidaya kakao.

#### **IV. IMPLIKASI PENELITIAN**

Implikasi ataupun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah: (a) Pemerintah merupakan lembaga yang memiliki kewenangan dan kemampuan untuk membantu pekebun kakao mencapai peningkatan hasil produksi. Pemerintah sebaiknya dapat menyusun program yang mampu mendorong peningkatan efisiensi teknis perkebunan kakao yang sesuai dengan karakteristik perkebunan kakao, karakteristik dan sumber daya pekebun kakao di Provinsi Sumatera Utara. Sebagai langkah awal pemerintah dapat mengerahkan para penyuluh tanaman perkebunan untuk memberikan edukasi kepada pekebun kakao untuk menerapkan dan melakukan teknik penanaman kakao dengan jarak tanam tertentu, pola tanam polikultur, proses fermentasi biji kakao, dan keikutsertaan dalam kelompok tani. (b) Pemerintah juga diharapkan dapat memberikan perspektif terkait keuntungan finansial yang dapat diperoleh pekebun kakao, dengan menggambarkan kondisi biji kakao dunia, potensi pasar biji kakao, serta menjelaskan bagaimana standar kualitas biji kakao agar memiliki harga jual yang tinggi. Hal seperti itu diharapkan dapat membangkitkan jiwa bisnis dari para pekebun, sehingga para pekebun kakao menjadi optimis dan yakin untuk menjadikan komoditas tanaman kakao sebagai primadona dan sumber penghasilan utama. Sebagai contoh pemerintah dapat memberikan informasi bagi para pekebun tentang harga jual biji kakao yang difermentasi jauh lebih tinggi dibandingkan dengan biji kakao yang tidak difermentasi. Berkaitan dengan saran tersebut sebaiknya Pemerintah juga dapat meninjau kembali atau mengaktifkan institusi ekonomi di sekitar pelaku usaha perkebunan kakao, seperti koperasi usaha tani, koperasi simpan pinjam, dan sejenisnya. Jika institusi ekonomi tersebut dibentuk sebaiknya pemerintah juga berperan dalam memfasilitasi institusi ekonomi tersebut agar dapat menjalin kerja sama dengan institusi perbankan, perusahaan besar yang bergerak dalam industri kakao, sehingga dapat terbentuk ekosistem bisnis di lingkungan pelaku usaha perkebunan kakao. (c) Program pemberian bantuan pemerintah kepada pekebun kakao sebaiknya ditinjau kembali. Berdasarkan hasil penelitian ini sepertinya program bantuan yang dilakukan oleh pemerintah kepada pekebun kakao sepertinya kurang tepat sasaran. Sebaiknya dilakukan *updating* penerima program bantuan *refocusing* wilayah atau kabupaten yang menjadi sasaran penerima bantuan. Secara khusus penulis menyarankan pemerintah untuk memprioritaskan Kabupaten Nias Selatan sebagai penerima bantuan pada program bantuan berikutnya. Pemerintah sebaiknya melakukan pengamatan terhadap teknik budidaya yang dilakukan oleh pekebun kakao yang telah efisien secara teknis di suatu kabupaten. Hasil pengamatan tersebut dapat dipelajari dan dipertimbangkan pemerintah

untuk dapat dikembangkan dan disempurnakan sehingga dapat disosialisasikan dan diterapkan kepada pekebun kakao di kabupaten tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, E. (2017). *Efisiensi Teknis Usahatani Kakao Pada Pola Tanam Polikultur*[Tesis]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Attipoe, S. G., Jianmin, C., Opoku-Kwanowaa, Y., & Ohene-Sefa, F. (2020). The Determinants of Technical Efficiency of Cocoa Production in Ghana: An Analysis of the Role of Rural and Community Banks. *Sustainable Production and Consumption*, 23, 11-20.
- Awotide, D. O., Kehinde, A. L., & Akorede, T. (2015). Metafrontier Analysis of Access to Credit and Technical Efficiency among Smallholder Cocoa Farmers in Southwest Nigeria. *International Business Research*, 8(1), 132-144.
- Besseah, F. A., & Kim, S. (2014). Technical Efficiency of Cocoa Farmers in Ghana. *Journal of Rural Development*, 37(2), 159-182.
- BPS. (2018). *Statistik Kakao Indonesia 2017*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.
- Cobbina, J. (2014). Technical Efficiency of Cocoa Production in Ghana : A Case Study of Upper Denkyira East Municipality. *Thesis*. Kwame Nkrumah University of Science and Technology.
- Coelli, T. J., Rao, D., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (1998). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science & Business Media.
- Danil, D. (2012). Analisis Produksi dan Pemasaran Kakao di Kabupaten Padang Pariaman Propinsi Sumatera Barat. *Tesis*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Effendy, Hanani, N., Setiawan, B., & Muhaimin, A. W. (2013). Characteristics of Farmers and Technical Efficiency in Cocoa Farming at Sigi Regency - Indonesia with Approach Stochastic Frontier Production Function. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 4(14), 154-160.
- Ehiakpor, D. S., Gideon, D. A., & Mabe, F. N. (2015). Technical Efficiency in Ghana's Cocoa Bean Industry: Evidence from Western Region of Ghana. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 6(7), 205-214.
- Estariza, E., Prasmatiwi, F. E., & Santoso, H. (2013). Efisiensi Produksi Dan Pendapatan Usahatani Tembakau Di Kabupaten Lampung Timur. *JIIA*, 1(3).
- Eyitayo, O. A., Chris, O., Ejiola, M. T., & Enitan, F. T. (2011). Technical efficiency of cocoa farms in Cross River State, Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, 66(22), 5080-5086.
- Fadzim, W. (2016). Estimating the Technical Efficiency of Smallholder Cocoa Farmers in Malaysia. *International Journal of Economics and Financial Issue*, 6(S7), 1-5.
- Fawole, W. O., & Ozkan, B. (2018). Revisiting the profitability and technical efficiency of cocoa production amidst economic diversification program of the Nigerian Government A case study of Ondo State. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economics*, 8(1), 186-200.
- Hoffmann, M. P., Cock, J., Samson, M., Janetski, N., Janetski, K., Rotter, R. P., et al. (2020). Fertilizer management in smallholder cocoa farms of Indonesia under variable climate and market price. *Agricultural Systems*, 178, 1-13.
- Mutiasari, N. R. (2017). Analisis Efisiensi Usahatani Bawang Merah Di Kabupaten Majalengka, Jawa Barat. *Tesis*. Bogir (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

- Nicodem, T. G., Suqun, & Bosambe, M. N. (2017). The Economic Analysis of Resource Used Efficiency for Cocoa Production in Cameroon: The Case Study of Lekie Division. *American Journal of Rural Development*, 5(5), 123-137.
- Obeng, I. A., & Adu, K. O. (2016). Technical efficiency in Ghana's cocoa production: evidence from Twifo Hemang Lower Denkyira Area. *MPRA Paper*.
- Ofori-Bah, A., & Adjaye-Asafu. (2011). Scope economies and technical efficiency of cocoa agroforestry systems in Ghana. *Ecological Economics*, 70, 1508-1518.
- Puslitbang Perkebunan. (2010). *Budidaya dan Pasca Panen Kakao*. Bogor: Puslitbang Perkebunan.
- Rinaldi, J., Fariyanti, A., & Jahroh, S. (2013). Efisiensi Produksi Kakao Fermentasi Pada Perkebunan Rakyat di Bali Dengan Pendekatan Stochastic Frontier. *Buletin RISTRI*, 4(1), 81-90.
- Sari, D. M. (2017). Efisiensi Produksi dan Pendapatan Usaha Tani Kakao Rakyat di Provinsi Lampung. *Tesis*. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sumarno, J., Anasiru, R. H., & Retnawati, E. (2018). Analisis Dampak Penggunaan Pupuk NPK Lodrin Terhadap Produksi dan Efisiensi Usahatani Kakao. *Informatika Pertanian*, 27(2), 73-86.
- Tothmihaly, A., Ingram, V., & Cramon-Taubadel, S. v. (2019). How Can the Environmental Efficiency of Indonesian Cocoa Farms Be Increase? *Ecological Economics*, 158, 134-  
<http://www.fao.org/http://www.fao.org/>. Diakses 5 Mei 2022  
<https://bps.go.id/> Diakse 5 Mei 2022  
<https://www.icco.org/> Diakses 5 Mei 2022

# MODEL OPTIMISASI DISKRIT UNTUK PERENCANAAN SISTEM LOGISTIK TERPADU

## *Discrete Optimization Model for Integrated Logistic System Planning*

Joni Mulyasri

Direktorat Statistik Peternakan, Perikanan dan Kehutanan BPS RI, *E-mail*: joni.mulyasri@bps.go.id

### ABSTRAK

Perencanaan horizon *Supply Chain Management* (SCM) yang tepat dibutuhkan dalam merancang model jaringan logistik terpadu. Pengoptimalan semua faktor yang mempengaruhi proses distribusi hasil produksi pada rantai pasokan multi eselon dapat membantu perusahaan untuk tetap berkompetitif dalam ekonomi yang bergejolak. Penerapan optimisasi diprediksi mampu bertahan dalam era *disrupsi* yang tidak terduga. Definisi dari jaringan rantai pasokan adalah jaringan yang melaksanakan tugas dan fungsinya untuk mendapatkan bahan baku dari pemasok, perubahan dari bahan baku ke bentuk produk antara dan produk akhir serta menyalurkan berbagai berbagai hasil produk perusahaan dari pusat distribusi ke zona permintaan konsumen melalui pendistribusian dalam sistem inventori multi-eselon yang terpadu. Model yang diusulkan adalah menggunakan pendekatan Matematika *Mixed Integer Non Linear Programming* (MINLP). Model yang diusulkan dapat membantu menyeleksi algoritma pencarian langsung kelayakan (*Neighbourhood Search*) dari setiap pusat distribusi. Perencanaan desain rantai pasokan multi eselon, transportasi, inventori dan pendistribusian produk ke konsumen secara terpadu dapat meminimalkan keseluruhan biaya logistik suatu perusahaan industri manufaktur yang akan berdampak pada profitabilitas suatu perusahaan.

**Kata Kunci:** *Supply Chain Management* (SCM), Sistem logistik terpadu, Rantai Pasokan dan MINLP

### ABSTRACT

*Planning the right Supply Chain Management (SCM) horizon is needed in designing an integrated logistics network model. Optimization of all factors that affect the product distribution process in a multi-echelon supply chain enables companies to remain competitive in the turbulent economic era. The implementation of optimization is predicted to survive in an unexpected disruption era. The definition of supply chain network is a network that carries out its duties and functions to obtain raw materials from suppliers, changes from raw materials to intermediate product forms and final products, and distribute various company products from the distribution center to the consumer request zone through distribution in the multi-inventory system. The proposed model uses the Mathematical Mixed Integer Non-Linear Programming (MINLP) approach. The proposed model assists to select the direct search algorithm (neighbourhood search) of each distribution center. Planning for multi-echelon supply chain design, transportation, inventory, and distribution of products to consumers in an integrated way could minimize overall logistics costs of a manufacturing company which are beneficial to companies.*

*Keywords:* *Supply Chain Management* (SCM), *Integrated logistics system*, *Supply Chain* and *MINLP*

## I. PENDAHULUAN

Perencanaan *horizon* sistem logistik pada perusahaan industri manufaktur digunakan sebagai alat untuk mengkarakterisasi kebijakan produksi dan distribusi, serta alokasi produk. Pada penelitian Cohen (1988) bahwa pemodelan rantai pasokan mencakup pemasok sumber daya, pusat distribusi, gudang dan lokasi pelanggan. Pemodelan optimasi sistem perencanaan jaringan sistem logistik pada rantai pasokan untuk menentukan dampak skala, biaya operasi tergantung pada tingkat penggunaan dan jumlah produk yang diproses di setiap pabrik dan bobot setiap faktor biaya, seperti produksi, transportasi dan alokasi, pada desain optimal dan pola penggunaan sistem rantai pasokan. Perencanaan *horizon* sistem logistik dimulai dengan pertanyaan tentang dimana untuk menemukan fasilitas dan bagaimana mengalokasikan pelanggan ke fasilitas yang dipilih. Pertanyaan-pertanyaan ini dapat dijawab dengan menggunakan model alokasi-lokasi, yang didasarkan pada asumsi bahwa pelanggan dilayani secara terpisah di rute *out-and-back*. Namun, bila pelanggan memiliki tuntutan yang kurang dari truk dan dengan demikian dapat menerima layanan dari rute yang menghasilkan banyak pemberhentian, asumsi rute individual tidak akan menangkap secara akurat biaya transportasi. Oleh karena itu, integrasi keputusan alokasi-lokasi dan perutean dapat menghasilkan solusi yang lebih akurat dan hemat biaya. Oleh karena itu penentuan lokasi fasilitas dalam jaringan distribusi merupakan keputusan penting yang berdampak tidak hanya pada profitabilitas suatu organisasi namun juga kemampuan untuk melayani pelanggan. Asumsi klasik dalam pemodelan lokasi adalah pengiriman dilakukan di rute keluar dan pulang mengunjungi satu pelanggan (atau perjalanan pelanggan itu secara individual ke situs). Dengan asumsi ini, biaya pengiriman tidak tergantung pada pengiriman lain yang dilakukan. Namun, dalam banyak konteks, pengiriman dilakukan di sepanjang beberapa rute berhenti mengunjungi dua atau lebih pelanggan. Biaya pengiriman tergantung pada pelanggan lain pada rute dan urutan di mana mereka dikunjungi. Untuk menangkap secara akurat biaya beberapa rute berhenti dalam suatu model lokasi, masalah routing harus dipecahkan bersamaan dengan masalah lokasi.

Penelitian tentang kajian sistem logistik pada dekade pertama abad ke-21, fokus terhadap teknik solusi dari model jaringan rantai pasokan multi eselon antara lain teknik solusi *branch and bound algorithm* (Dupont, 2008), *lagrangian relaxation* (Aras, N., Altinel, I.K. dan Orbay, M., 2007), *tabu search* (Alkallak et. al., 2008) dan *simulated annealing algorithm* (Yigit, V., Aydin, M.E. dan Turkbey, O., 2006), (Cordeau F dan Solomon, 2006) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa masalah jaringan logistik diformulasikan ke dalam *integer programming* yang diselesaikan dengan metode *branch and bound* yang bertujuan untuk menentukan lokasi gudang dan rute terpilih agar diperoleh biaya yang minimal.

Penelitian Laporte *et al.*, (1988) menyatakan bahwa masalah *NP-hard* mencakup dua masalah yaitu lokasi fasilitas dan perutean kendaraan yang sangat baik terhadap berbagai

formulasi dalam mengembangkan model yang setara dan juga memperluas model ke kasus di mana jumlah kendaraan yang digunakan adalah variabel dalam model. Sebagian besar literatur berfokus pada integrasi rancangan jaringan rantai pasok dan manajemen ketidakpastian persediaan, menitikberatkan kepada struktur persediaan satu tahap, yang digabungkan dengan jaringan pasokan tanpa memperluas sistem persediaan multi eselon sehingga tidak mencapai solusi rantai pasokan yang optimal. Beberapa penelitian sebelumnya, tidak ada yang memfokuskan membangun model optimisasi sistem logistik yang terintegrasi yakni menggabungkan masalah persediaan dua tahap yakni menentukan fasilitas lokasi calon gudang dan pusat distribusi dengan perencanaan produksi terpadu pada jaringan rantai pasokan multi eselon yang memiliki kekhususan di dalam orientasi sistem produksi dan distribusinya. Dari sudut pandang praktis, yaitu lokasi fasilitas dan perutean kendaraan merupakan bagian dari manajemen sistem logistik, sementara dari sudut pandang matematis, biasanya dapat dimodelkan sebagai masalah optimisasi kombinatorial dengan menggunakan pendekatan model *Mixed Integer Non Linear Programming (MINLP)*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Optimisasi adalah pendekatan normatif dengan mengidentifikasi penyelesaian terbaik dari suatu permasalahan yang diarahkan pada titik maksimum atau minimum suatu fungsi tujuan (Mulyono, 2007). Metode yang digunakan untuk penyelesaian masalah perencanaan *horizon* pada rantai pasokan adalah model *Mixed Integer Linear Programming (MILP)*. Dalam penelitian Nam Hwang mengembangkan model *MILP* dengan mempertimbangkan *perishable* yaitu metode pencarian langsung layak (*Neighbourhood Search*) sebagai berikut ini:

$$\text{Minimum } P = c^T x \quad (1)$$

Kendala

$$Ax \leq b \quad (2)$$

$$x \geq 0 \quad (3)$$

$$x_j \text{ bilangan bulat untuk beberapa } j \in J \quad (4)$$

Heuristik adalah sebuah aturan praktis memperoleh informasi untuk mengambil keputusan dengan cepat, meski keputusan tersebut belum tentu optimal. Para peneliti sampai saat ini sebagian besar berfokus pada metode heuristik, *Linear Routing Programming (LRP)* merupakan bagian dari metode heuristik yaitu menggabungkan dua masalah NP-hard. Pada umumnya heuristik menguraikan masalah tersebut ke dalam tiga komponen, lokasi fasilitas, alokasi pelanggan terhadap fasilitas dan perutean kendaraan, dan memecahkan serangkaian masalah yang terkenal seperti perutean p-median, penempatan lokasi dan perutean kendaraan.

Laporte dan Nobert mengusulkan pemecahan satu model depot dengan metode relaksasi kendala. You dan Grossmann (2008) mengusulkan metode heuristik berbasis *Mixed Integer*

*Nonlinear Programming (MINLP)* dan kombinasi relaksasi *Lagrange Heuristic* dengan algoritma dekomposisi untuk memperoleh solusi optimal.

*Mixed Integer Nonlinear Programming (MINLP)* adalah representasi yang sangat umum untuk masalah optimisasi dan termasuk *Linear Programming (LP)*, *Mixed Integer Linear Programming (MILP)* dan *Nonconvex Programming Nonlinier (NLP)* di sub kelas. *Mixed Integer Programming (MIP)* digunakan untuk menyajikan model multi periode (Hiassat, 2011). Untuk menyeimbangkan strategi, taktis dan operasional keputusan, Guerrero *et. al.*, (2013) mempresentasikan algoritma untuk masalah multi periode dengan permintaan deterministik pada sistem logistik. Logistik dan transportasi adalah bentuk dari rantai suplai. Kegiatan ini menggabungkan antara transportasi dengan logistik yang dinilai cukup inovatif dalam menambah efisiensi pada kompetisi global merupakan tujuan utama dari perencanaan *system logistic* terpadu pada rantai pasokan multi eselon. Berbagai keputusan sistem logistik antara lain pasokan, distribusi, manajemen persediaan, perencanaan produksi, penempatan fasilitas dan rute kendaraan tidak memerlukan model tradisional dengan mempertimbangkan aspek yang lebih komprehensif dan mengoptimalkan variabel keputusan yang berbeda secara bersamaan. Beberapa penelitian telah mengoptimalkan dari sistem produksi - inventori dan distribusi, akan tetapi model ini hanya dianggap sebagai bagian dari sistem terintegrasi berdasarkan kebutuhannya dan variabel keputusan yang berbeda, kendala dan faktor biaya telah dipertimbangkan pada rantai pasokan,

Rantai pasokan pada dasarnya meliputi tiga tahapan, yaitu: *procurement* (pengadaan barang dan jasa), *production* (produksi), dan *distribution* (distribusi). Rantai pasokan adalah gabungan fasilitas, metode pengontrolan inventaris, suplai, pembelian, hasil, distribusi, dan konsumen (Demirtas *et al.*, 2012). Rantai pasokan melibatkan manufaktur (*manufactures*), pemasok (*suppliers*), gudang (*warehouses*), pengangkut (*transporter*), pusat distribusi (*distribution centers*), konsumen (*customers*) serta pengecer (*retailers*).

Inventori atau persediaan memiliki dampak langsung terhadap pendapatan perusahaan, sehingga tergolong sebagai komponen utama penentu kemajuan perusahaan. Permintaan tak pasti diperlukan *safety stock* untuk mencegah terjadinya persediaan berlebih sebelum pemesanan ulang. Permintaan diasumsikan berdistribusi normal, meski ada beberapa fungsi distribusi yang bersifat spesifik. Penelitian Rao (1999) mengemukakan, bila permintaan tiap persatuan waktu terdistribusi secara normal (*mean*)  $\mu$ , maka penambahan waktu tenggang (*lead time*)  $l$  serta diluar periode tinjauan  $p$  juga akan berdistribusi normal dengan rata-rata  $\mu (p + l)$  dan variansi  $\sigma^2 (p + l)$  (deviasi standar  $\sigma\sqrt{p + l}$ ). Hal ini memberikan kemudahan dalam mengukur persediaan cadangan, dengan faktor persediaan cadangan  $\lambda$ . Tingkat persediaan dasar dinyatakan dengan  $S = \mu (p + l) + \lambda\sigma\sqrt{p + l}$ . Perlu dicatat bahwa jika  $\alpha$  adalah tingkat pelayanan untuk mengukur tingkat pelayanan, maka faktor persediaan cadangan  $\lambda$

berkorespondensi dengan distribusi normal standar, yaitu:  $Pr(x \leq \lambda) = \alpha$

Kebanyakan riset memperhitungkan ketidakpastian dalam rantai suplai dibagi 2 (dua) pendekatan yaitu: pendekatan probabilitas (*probabilistic approach*) dan pendekatan perencanaan skenario (*scenario planning approach*). Pendekatan probabilistik mempertimbangkan aspek-aspek ketidakpastian rantai pasokan dalam memperlakukan satu atau lebih parameter sebagai parameter yang acak yang dikena distribusi probabilitas, pelanggan untuk setiap  $p$  produk adalah stokastik dan memiliki distribusi normal dengan rata-rata  $\mu_{pk}$  dan varians  $\sigma_{pk}^2$ . Sedangkan pendekatan perencanaan skenario bertujuan untuk menangkap ketidakpastian dengan menyajikannya dalam suatu *moderate number* dari realisasi diskrit kuantitas stokastik, sehingga dapat dinyatakan bahwa jumlah total skenario yang harus dipertimbangkan secara tipikal lebih kecil dari pada jumlah yang mungkin diharapkan (seringkali lebih besar) dari produk dan zona konsumen. Oleh karena itu dalam jaringan rantai suplai dimana salah satu atau keseluruhan dari kebutuhan, pemasok, gudang, pusat distribusi, dan konsumen tidak jelas, maka diperlukan suatu penanganan yang berbeda dan beberapa modifikasi model jaringan rantai suplai pada perencanaan logistik.

Pabrik membeli bahan baku dari pemasok untuk menghasilkan produk berdasarkan permintaan pelanggan. Perencanaan logistik terpadu pada jaringan rantai pasokan multi eselon yang memiliki kekhususan di dalam orientasi sistem produksi dan distribusinya. Dari beberapa penelitian sebelumnya, tidak ada yang memfokuskan membangun model optimisasi sistem logistik yang terintegrasi yakni menggabungkan masalah persediaan dengan menentukan fasilitas lokasi calon gudang dan pusat distribusi.

### III. METODE PENELITIAN

Mata rantai suplai industri manufaktur terdiri dari himpunan pabrik  $i \in I$ , sejumlah calon tempat untuk gudang  $g \in G$ , pusat distribusi  $j \in J$  dan himpunan zona permintaan  $k \in K$ , dimana biaya inventori diperhitungkan. Zona permintaan konsumen dapat merepresentasikan distributor, gudang, pemasok atau pengecer yang biasa merupakan komponen dari rantai suplai untuk material tertentu (Bossert dan Willems, 2007). Model yang diusulkan pada penelitian ini terdiri dari empat tingkatan yaitu pabrik (*plants*), gudang (*warehouse*), pusat distribusi (*distribution center*) dan pelanggan (*customer*) dengan permintaan yang tidak pasti dan asumsi lainnya (seperti inventori terukur, lokasi, rute dan kendaraan heterogen dianggap dalam model).

Distributor menggunakan kebijakan penilaian persediaan berkelanjutan  $(r, Q)$ . Kebijakan peninjauan berkelanjutan berarti bahwa distributor terus mengamati tingkat inventaris. Ketika tingkat persediaan mencapai jumlah  $r$  (stok pengaman), itu atau persediaan untuk jumlah  $Q$ . Tinjauan dalam model ini tidak terbatas, sehingga perencanaan *horizon* telah dianggap tidak terbatas, tetapi rantai pasokan direncanakan selama periode satu tahun, model ini

dapat dipecah lagi dengan parameter yang diperbarui. Model penelitian ini merupakan gabungan antara pendekatan probabilitas dan pendekatan perencanaan skenario dengan menggunakan algoritma *outer approximation* untuk menyelesaikan kelas *Mixed Integer Nonlinear Programming* (MINLP). Pada model ini, variabel diskrit bersifat linier dan terpisah dengan variabel kontinu dalam bentuk fungsi *convex linear* maupun *non-linear*. Algoritma tersebut menyelesaikan barisan terbatas pada sub problem program *non linier* tereduksi dan program relaksasi *linear integer* campuran, dan menggali struktur tertentu dari suatu permasalahan

### 3.1 Formula Model

Model optimasi logistik terpadu pada penelitian ini mempunyai fungsi tujuan yaitu meminimumkan total biaya produksi dan biaya inventori pada jaringan rantai suplai multi eselon selama periode  $T$  (setahun ada empat periode).

#### Indeks

- $t$  = Indeks periode,  $t = 1,2,3,4$   
 $i$  = Indeks pabrik/*plant*,  $i = 1,2,\dots,i$   
 $g$  = Indeks calon gudang,  $g = 1,2,\dots,g$   
 $j$  = Indeks calon pusat distribusi,  $j = 1,2,\dots,j$   
 $k$  = Indeks zona permintaan konsumen,  $k = 1,2,\dots,k$

#### Himpunan

- $T$  = Himpunan periode,  $t \in T$   
 $I$  = Himpunan pabrik,  $i \in I$   
 $G$  = Himpunan calon lokasi gudang,  $g \in G$   
 $J$  = Himpunan calon lokasi pusat distribusi,  $j \in J$   
 $K$  = Himpunan zona permintaan konsumen,  $k \in K$

#### Parameter

- $C1_{igt}$  = Biaya transportasi dari pabrik ke- $i$  ke gudang ke- $g$  dalam periode  $t \in T$   
 $C2_{git}$  = Biaya transportasi dari gudang ke- $g$  ke pusat distribusi ke- $j$  dalam periode  $t \in T$   
 $C3_{jkt}$  = Biaya transportasi dari pusat distribusi ke- $j$  ke zona permintaan ke- $k$  dalam periode  $t \in T$   
 $fg$  = Biaya tetap instalasi gudang di calon lokasi ke- $g$   
 $ff$  = Biaya tetap instalasi pusat distribusi di calon lokasi ke- $j$   
 $\Omega g$  = Koefisien biaya variabel untuk  $bk$  menginstalasi gudang ke- $g$   
 $\Omega j$  = Koefisien biaya variabel untuk  $bk$  menginstalasi calon distribusi ke- $j$   
 $C1gt$  = Biaya simpan inventori di gudang ke- $g$  dalam periode  $t \in T$   
 $C2jt$  = Biaya simpan inventori di pusat distribusi ke- $j$  dalam periode  $t \in T$   
 $C3kt$  = Biaya pesan inventori di zona permintaan konsumen ke- $k$  dalam periode  $t \in T$

- $kSI_i$  = Jaminan waktu pelayanan di pabrik ke- $i$   
 $SG_g$  = Jaminan waktu pelayanan di gudang ke- $g$   
 $R_k$  = Jaminan waktu pelayanan ke konsumen di zona permintaan konsumen ke- $k$   
 $t1_{ig}$  = Waktu proses pemesanan dari gudang ke- $g$ , jika dilayani oleh pabrik ke- $i$ , termasuk waktu kemas gudang ke- $g$ , waktu transportasi dari pabrik ke- $i$  ke gudang ke- $g$  dan waktu periode kaji inventori  
 $t2_{gj}$  = Waktu proses pemesanan dari pusat distribusi ke- $j$ , jika dilayani oleh gudang ke- $g$ , termasuk waktu kemas pusat distribusi ke- $j$ , waktu transportasi dari gudang ke- $g$  ke pusat distribusi ke- $j$  dan waktu periode kaji inventori  
 $t3_{jk}$  = Waktu proses pemesanan dari zona permintaan konsumen  $k$ , jika dilayani oleh pusat distribusi ke- $j$ , termasuk waktu kemas pusat distribusi ke- $j$ , waktu transportasi dari pusat distribusi ke- $j$  ke zona permintaan konsumen ke- $k$  dan periode kaji inventori  
 $\mu_{kt}$  = Permintaan rata-rata di zona permintaan konsumen ke- $k$  dalam periode  $t \in T$   
 $\sigma_{kt}^2$  = Variansi permintaan di zona permintaan konsumen ke- $k$  dalam periode  $t \in T$   
 $T_t$  = Jumlah periode pertahun  
 $\theta1_{ij}$  = Biaya aliran inventori dari pabrik-  $i$  ke gudang ke –  $g$  dalam periode  $t$   
 $\theta2_{gjt}$  = Biaya aliran inventori dari gudang- $g$  ke pusat distribusi ke -  $j$   
 $\theta3_{jkt}$  = Biaya aliran inventori dari pusat distribusi ke- $j$  ke zona permintaan konsumen ke- $k$   
 $\lambda1_g$  = Faktor stok pengaman dari gudang ke- $g$   
 $\lambda2_j$  = Faktor stok pengaman dari pusat distribusi ke- $j$   
 $\lambda3_k$  = Faktor stok pengaman zona permintaan konsumen  $k$   
 $\zeta$  = Keandalan ( $0 \leq \zeta \leq 1$ )  
 $C\zeta_{gt}$  = Biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian yang bermasalah pada gudang yang dimasukkan dalam biaya produksi dalam periode  $t$   
 $C\zeta_{jt}$  = Biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian yang bermasalah pada pusat distribusi yang dimasukkan dalam biaya produksi dalam periode  $t$

**Variabel Biner**

$$V_g = \{1, 0, \frac{\text{jika diinstal suatu gudang di calon lokasi}}{\text{jika tidak}}$$

$$X_j = \{1, 0, \frac{\text{jika diinstal suatu pusat distribusi di calon lokasi}}{\text{jika tidak}}$$

$$Z_{ig} = \{1, 0, \frac{\text{jika gudang ke – g dilayani oleh pabrik i}}{\text{jika tidak}}$$

$$U_{gj} = \{1, 0, \frac{\text{jika pusa distribusi ke – j dilayani oleh gudang g}}{\text{jika tidak}}$$

$$Y_{jk} = \{1, 0,$$

jika zona permintaan konsumen ke – k dilayani oleh Pusat Distribusi j  
jika tidak

**Variabel Kontinu**

$D_k$  = Waktu tenggang zona permintaan konsumen  $k$

$Eg$  = Waktu tenggang gudang ke -  $g$

$Fj$  = Waktu tenggang pusat distribusi ke -  $j$

$Sg$  = Jaminan waktu pelayanan gudang ke- $g$  ke pusat distribusi ke- $j$  berurutan

$Sj$  = Jaminan waktu pelayanan pusat distribusi ke- $j$  ke zona permintaan konsumen ke  $k$  berurutan

Rancangan rantai pasokan multi eselon terdiri dari 9 (sembilan) komponen biaya yaitu:

1. Biaya instalasi gudang dan pusat distribusi
2. Biaya transportasi dari pabrik ke gudang dan biaya transportasi dari gudang ke pusat distribusi
3. Biaya transportasi dari pusat distribusi ke zona permintaan konsumen
4. Biaya aliran inventori dalam gudang
5. Biaya aliran inventori dalam pusat distribusi
6. Biaya aliran inventori zona permintaan konsumen
7. Biaya stok pengaman di gudang
8. Biaya stok pengaman di pusat distribusi
9. Biaya stok pengaman zona permintaan konsumen

Komponen biaya pada rantai pasokan multi eselon adalah sebagai berikut:

1. Biaya instalasi lokasi gudang ke- $g$  dan pusat distribusi di calon lokasi lokasi ke- $j$  dan dinyatakan model biaya *fixed-charge* yang mengandung skala ekonomi dalam inventori. Ekspektasi permintaan di gudang ke- $g$ :  $\sum_{tgT} (\sum_{kgK} U_{gj} T_t \mu_{kt})$  dan pusat distribusi ke- $j$  adalah  $\sum_{tgT} (\sum_{kgK} Y_{jk} T_t \mu_{kt})$  dan sama dengan permintaan rata-rata periode dari semua zona permintaan konsumen  $k \in K$  yang dilayani oleh gudang ke- $g$  dan pusat distribusi ke- $j$ . Jadi instalasi gudang ke- $g$  terdiri dari biaya tetap  $f_g$  dengan variabel biaya  $\sum_{tgT} (\Omega_g \sum_{kgK} U_{gj} T_t \mu_{kt})$  dan biaya instalasi pusat distribusi ke- $j$  terdiri dari biaya tetap  $f_j$  dengan variabel biaya  $\sum_{tgT} (\Omega_j \sum_{kgK} Y_{jk} T_t \mu_k)$  yang merupakan perkalian koefisien variabel biaya dan ekspektasi permintaan dari pusat distribusi tersebut. Karena itu total biaya instalasi dari semua pusat distribusi adalah :

$$\sum_{ggG} f_g V_g + \sum_{tgT} \sum_{ggG} (\Omega_g \sum_{kgK} U_{gj} T_t \mu_{kt}) + C_{Egt} \quad (5)$$

$$\sum_{jgJ} f_j X_j + \sum_{tgT} \sum_{jgJ} (\Omega_j \sum_{kgK} Y_{jk} T_t \mu_k) + C_{Ejt} \quad (6)$$

2. Biaya transportasi dari pabrik ke gudang dihitung yaitu perkalian permintaan rata-rata gudang ke- $j$   $\sum_{tgT} (\sum_{kgK} Y_{jk} T_t \mu_{kt})$  dengan unit biaya transportasi antara pabrik ke- $i$  ke gudang

ke- $j$   $\sum_{tgT} (\sum_{igl} C1_{igt} Z_{ij})$  adalah:

$$\sum_{tgT} \sum_{igl} \sum_{ggG} (C1_{igt} Z_{ig} \sum_{kgK} Y_{jk} T_t \mu_{kt}) \quad (7)$$

Biaya transportasi dari gudang ke pusat distribusi dihitung yaitu perkalian permintaan rata-rata pusat distribusi ke- $j$   $\sum_{tgT} (\sum_{kgK} Y_{jk} T_t \mu_{kt})$  dengan unit biaya transportasi antara gudang ke- $g$  ke pusat distribusi ke- $j$   $\sum_{tgT} (\sum_{ggG} C2_{gjt} U_{gj})$  adalah

$$\sum_{tgT} \sum_{ggG} \sum_{jgJ} (C2_{gjt} U_{gj} \sum_{kgK} Y_{jk} T_t \mu_{kt}) \quad (8)$$

3. Biaya transportasi dari pusat distribusi ke zona permintaan yaitu perkalian ekspektasi permintaan zona permintaan konsumen  $k$  ( $T_t \mu_{kt}$ ) dengan biaya transportasi antara zona permintaan konsumen ke- $k$ :  $\sum_{tgT} (\sum_{jgJ} C3_{jkt} Y_{jk})$  adalah:

$$\sum_{tgT} \sum_{jgJ} \sum_{kgK} (C3_{jkt} Y_{jk} T_t \mu_{kt}) \quad (9)$$

4. Biaya aliran inventori dalam gudang adalah perkalian permintaan rata-rata perperiode  $\sum_{tgT} (\sum_{kgk} Y_{jk} \mu_{kt})$  dan waktu proses pesan ( $\sum_{igl} t1_{ig} W_{ig}$ ), yang diberikan dalam periode.

Jadi total biaya aliran inventori pertahun adalah:

$$\sum_{tgT} \sum_{igl} \sum_{ggG} (\theta1_{ij} t1_{gj} W_{ig} \sum_{kgK} Y_{jk} \mu_{kt}) \quad (10)$$

Dengan  $\theta_2$  adalah biaya simpan aliran inventori dari gudang ke- $g$

5. Biaya aliran inventori dalam pusat distribusi adalah perkalian permintaan rata-rata perperiode  $\sum_{tgT} (\sum_{kgk} Y_{jk} \mu_{kt})$  dan waktu proses pesan ( $\sum_{ggG} t2_{gj} U_{gj}$ ), yang diberikan dalam periode

Jadi total biaya aliran inventori pertahun adalah

$$\sum_{tgT} \sum_{ggG} \sum_{jgJ} (\theta2_{gj} t2_{gj} U_{gj} \sum_{kgK} Y_{jk} \mu_{kt}) \quad (11)$$

Dengan  $\theta_3$  adalah biaya simpan aliran inventori dari pusat distribusi ke- $j$

6. Biaya aliran inventori zona permintaan konsumen adalah:

Total biaya aliran inventori dari semua zona permintaan sebagai berikut

$$\sum_{tgT} \sum_{jgJ} \sum_{kgK} (\theta_{3jk} t_{3jk} Y_{jk} \mu_{kt}) \quad (12)$$

Dengan  $\theta_{3jk}$  adalah biaya simpan inventori dari zona permintaan konsumen  $k$

dan  $(\sum_{kgK} t_{3jk} Y_{jk} \mu_{kt})$  adalah aliran inventori zona permintaan konsumen  $k$ .

7. Biaya stok pengaman di gudang

Permintaan di zona permintaan konsumen  $k$  mengikuti sebaran normal yang diketahui rata-rata  $\mu_{kt}$  dan variansi  $\sigma_{kt}^2$ . Karena pengaruh risiko penumpukan (Eppen, 1979) permintaan pada tenggang ( $E_g$ ) di gudang ke- $g$  sebaran normal dengan rata-rata  $\sum_{tgT} E_g(\sum_{kgK} \mu_{kt})$  dan variansi  $\sum_{tgT} E_g(\sum_{kgK} \sigma_{kt}^2)$  dengan  $J_k$  himpunan zona permintaan konsumen ke- $k$  yang ditugaskan ke gudang ke- $g$ . Jadi stok pengaman yang diperlukan di gudang ke- $g$  dengan faktor stok pengaman

$$\sum_{tgT} \sum_{jgJ} \lambda_{1g} \sqrt{E_g} \sqrt{\sum_{kgK} \sigma_{kt}^2 U_{gj}} \quad \text{Dengan memperhitungkan biaya simpan inventori}$$

di gudang ke- $g$  dan  $C_{1gt}$ , diperoleh total biaya stok pengaman di gudang dalam periode  $t$ :

$$\sum_{tgT} \sum_{ggG} \lambda_{1g} C_{1gt} \sqrt{E_g} \sqrt{\sum_{kgK} \sigma_{kt}^2 U_{gj}} + C_{\zeta_{gt}} \quad (13)$$

8. Biaya stok pengaman di pusat distribusi

Permintaan di zona permintaan konsumen  $k$  mengikuti sebaran normal yang diketahui rata-rata  $\mu_{kt}$  dan variansi  $\sigma_{kt}^2$ . Karena pengaruh risiko penumpukan permintaan pada tenggang ( $F_j$ ) di pusat distribusi ke- $j$  sebaran normal dengan rata-rata  $\sum_{tgT} F_j(\sum_{kgK} \mu_{kt})$  dan variansi  $\sum_{tgT} F_j(\sum_{kgK} \sigma_{kt}^2)$  Dengan  $K$  himpunan zona permintaan konsumen ke- $k$  yang ditugaskan ke pusat distribusi ke- $j$ . Jadi stok pengaman yang diperlukan dalam pusat distribusi di calon lokasi ke- $j$  dengan faktor stok pengaman:

$$\sum_{tgT} \sum_{jgJ} \lambda_{2j} \sqrt{F_j} \sqrt{\sum_{kgK} \sigma_{kt}^2 \bar{F}_k} \quad (14)$$

Dengan memperhitungkan biaya simpan inventori di pusat distribusi ke- $j$  dan  $C_{2jt}$ , diperoleh total biaya stok pengaman dipusat distribusi:

$$\sum_{tgT} \sum_{jgJ} \lambda_{2j} C_{2jt} \sqrt{F_j} \sqrt{\sum_{kgK} \sigma_{kt}^2 \bar{F}_k} + C_{\zeta_{jt}} \quad (15)$$

9. Biaya stok pengaman zona permintaan konsumen

Permintaan pada waktu tenggang  $D_k$ , dari zona permintaan konsumen  $k$  bersebaran normal dengan rata-rata  $D_k \mu_{kt}$  dan variabel  $D_k \sigma_{kt}^2$ . Jadi biaya stok pengaman di semua permintaan konsumen adalah:

$$\sum_{tgT} \sum_k \lambda_{3k} C_{3kt} \sigma_{kt} \sqrt{D_k} \quad (16)$$

Model matematika dari model integrasi keputusan perencanaan horizon logistik terpadu (Produksi-Distribusi) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \sum_{ggG} f_g V_g + \sum_{tgT} \sum_{ggG} (\Omega_g \sum_{kgK} U_{gj} T_t \mu_{kt}) + C_{\varepsilon gt} + \sum_{jgJ} f_j X_j + \\
 & \sum_{tgT} \sum_{jgJ} (\Omega_j \sum_{kgK} Y_{jk} T_t \mu_{kt}) + C_{\varepsilon jt} + \\
 & \sum_{tgT} \sum_{igI} \sum_{ggG} (C1_{igt} Z_{ig} \sum_{kgK} Y_{jk} T_t \mu_{kt}) + \\
 & \sum_{tgT} \sum_{ggG} \sum_{jgJ} (C2_{gj} U_{gj} \sum_{kgK} Y_{jk} T_t \mu_{kt}) + \\
 & \sum_{tgT} \sum_{igI} \sum_{ggG} (\theta1_{ij} t1_{gj} W_{ig} \sum_{kgK} Y_{jk} \mu_{kt}) + \\
 & \sum_{tgT} \sum_{ggG} \sum_{jgJ} (\theta2_{gj} t2_{gj} U_{gj} \sum_{kgK} Y_{jk} \mu_{kt}) + \\
 & \sum_{tgT} \sum_{jgJ} \sum_{kgK} (\theta3_{jk} t3_{jk} Y_{jk} \mu_{kt}) + \\
 & \sum_{tgT} \sum_{ggG} \lambda1_g C1_{gt} \sqrt{E_g} \sqrt{\sum_{kgK} \sigma_{kt}^2 U_{gj}} + C_{\zeta gt} + \\
 & \sum_{tgT} \sum_{jgJ} \lambda2_j \sqrt{F_j} \sqrt{\sum_{kgK} \sigma_{kt}^2} + C_{\zeta jt} + \sum_{tgT} \sum_k \lambda3_k C3_{kt} \sigma_{kt} \sqrt{D_k}. \tag{17}
 \end{aligned}$$

**Batasan**

Model ini terdapat 4 (empat) batasan/asumsi dalam mendefinisikan struktur jaringan pada rantai pasokan yaitu sebagai berikut:

**Pertama** adalah jika gudang ke-g diinstalasi, maka harus dilayani oleh hanya satu pabrik ke-i. Jika gudang tidak diinstalasi, maka tidak memperoleh pasokan sembarangan pabrik. Satu gudang dapat menampung barang-barang dari hanya satu pabrik. Hal ini dapat dimodelkan yaitu:

$$\sum_{igI} Z_{ig} = V_g, \star_g \tag{18}$$

**Kedua** adalah jika distribusi ke-g diinstalasi, maka harus dilayani oleh hanya satu gudang ke-g. Jika gudang tidak diinstalasi, maka tidak memperoleh pasokan sembarangan pusat distribusi. Satu gudang dapat menampung barang-barang dari hanya satu pusat distribusi. Hal ini dapat dimodelkan yaitu:

$$\sum_{igI} U_{ig} = X_g, \star_g \tag{19}$$

**Ketiga** menyatakan setiap zona permintaan konsumen k dilayani oleh hanya satu pusat distribusi, dimana satu pusat distribusi hanya satu zona konsumen. Dapat dimodelkan sebagai berikut :

$$\sum_{jgJ} Y_{jk} = 1, \star_k \tag{20}$$

**Keempat** adalah menyatakan jika zona permintaan konsumen ke-k dilayani oleh pusat distribusi di calon lokasi j, pusat distribusi harus ada yaitu:

$$Y_{jk} \leq X_{jt}, \star_j \tag{21}$$

Tiga kendala dipakai untuk mendefinisikan waktu tenggang dari gudang, pusat distribusi dan zona permintaan konsumen. Waktu tenggang pemenuhan inventori di gudang ke- $g$  harus sama dengan jaminan waktu pelayanan ( $SI_i$ ) dari pabrik  $i$  yang melayani gudang ke- $g$ , ditambah waktu proses pesan ( $t_{ig}$ ). Jaminan waktu pelayanan ( $SI_i$ ) dari pabrik  $i$  adalah parameter dan menyajikan kasus ketidakpastian suplai dan keterlambatan produksi pabrik, karena setiap gudang dilayani hanya satu pabrik, waktu tenggang pemenuhan dari gudang ke- $g$  dihitung sebagai berikut:

$$\sum_{ig} I (SI_i + t_{ig}) Z_{ig} \quad (22)$$

Waktu tenggang pemenuhan inventori di pusat distribusi ke- $j$  harus sama dengan jaminan waktu pelayanan ( $SG_g$ ) dari gudang ke- $g$  yang melayani pusat distribusi ke- $j$ , ditambah waktu proses pesan ( $w_{gj}$ ). Jaminan waktu pelayanan ( $SG_g$ ) dari gudang ke- $g$  adalah parameter dan menyajikan kasus ketidakpastian suplai dan keterlambatan produk dari gudang, karena setiap pusat distribusi dilayani satu gudang, waktu tenggang pemenuhan dari pusat distribusi ke- $j$  dihitung sebagai berikut:

$$\sum_{gg} G (SG_g + t_{gj}) U_{gj} \quad (23)$$

Jadi waktu tenggang pusat distribusi ke- $j$  harus lebih besar dari pada waktu tenggang pemenuhan dikurangi jaminan waktu layanan ke zona permintaan konsumen berikutnya  $S_j$ , yang merupakan suatu variabel.

$$E_j \geq \sum_{ig} I (SI_i + l_{ij}) U_{ij} - S_j, \quad *j \quad (24)$$

Analog, waktu tenggang  $D_k$  dari zona permintaan konsumen ke- $k$  lebih besar dari waktu tenggang pemenuhan dikurang maksimum jaminan pelayanan  $R_k$ , yang dinyatakan oleh persamaan tak linear:

$$D_k \geq \sum_{jg} J (S_j + t_{2jk}) Y_{jk} - R_k, \quad *k \quad (25)$$

Perhatikan bahwa  $R_k$  adalah parameter :

$$U_{ij}, X_j, Y_{jk} \in \{0,1\}, \quad *i,j,k \quad (26)$$

$$S_j \geq 0, E_j \geq 0, \quad *j \quad (27)$$

$$D_k \geq 0, \quad *k \quad (28)$$

Linierisasi dari ( $S_j Y_{jk}$ ) pada kendala (4.21) membutuhkan 2 (dua) variabel tak negatif kontinu  $SY_{jk}$  dan  $SY_{1jk}$  (Glover,1975) dan kendala sebagai berikut :

$$SY_{jkt} + SY_{1jkt} = S_{jt}, \quad *j,k \quad (29)$$

$$SY_{jk} \leq Y_{jk} S_j^j, \quad *j,k \quad (30)$$

$$SY_{jk} \leq (1 - Y_{jk}) S_j^j, \quad *j,k \quad (31)$$

$$SY_{jk} \geq 0, SY_{1jk} \geq 0, \quad *j,k \quad (32)$$

Dengan kendala (30), (31) dan (32) menjamin bahwa jika  $Y_{jk}$  adalah nol, maka  $SY_{jk}$  juga nol;

jika  $Y_{jk}$  adalah satu, maka  $SY_{jk}$  juga satu. Jika dikombinasikan dengan kendala (29), maka diperoleh  $SY_{jk}$  yang ekuivalen dengan  $S_j$  dan  $Y_{jk}$ .

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### *Neighbourhood Search Model*

Pemrograman bilangan bulat secara umum bahwa vektor gradien yang dikurangi, yang biasanya digunakan untuk mendeteksi kondisi optimalitas, tidak tersedia, walaupun masalahnya bersifat cembung (*convex*), *convex* adalah fungsi minimum pada pemrograman non linier. Dengan menerapkan suatu kondisi tertentu untuk prosedur pencarian pengujian lokal untuk memastikan bahwa telah didapatkan solusi suboptimal integer terbaik. H.E Scarf (1986) telah mengajukan sebuah uji kuantitas untuk menggantikan uji harga untuk optimalitas dalam masalah pemrograman bilangan bulat. Tes dilakukan dengan mencari melalui tetangga dari sebuah titik layak yang diusulkan untuk melihat apakah titik terdekat juga layak dan menghasilkan perbaikan pada fungsi tujuan. Misalkan  $[\beta]_k$  menjadi titik integer yang termasuk dalam *neighbourhood* yang terbatas  $N([\beta]_k)$ . Untuk mendefinisikan sistem *neighbourhood* yang terkait dengan  $[\beta]_k$  yaitu jika Titik integer memenuhi dua persyaratan berikut:

$$1. \text{ If } [\beta]_j \in N([\beta]_k \text{ then } [\beta]_k \in [\beta]_j), j \in G \text{ k.}$$

(33)

$$2. N([\beta]_k) = [\beta]_k + N(0) \tag{34}$$

Sehubungan dengan sistem lingkungan yang disebutkan di atas, strategi integerizing yang diusulkan dapat digambarkan sebagai berikut. Dengan komponen non-integer,  $x_k$ , vektor optimal,  $x_B$ . Poin yang berdekatan dari  $x_k$ , yang dipertimbangkan adalah  $[x_k]$  dan  $[x_k] + 1$ . Jika salah satu dari titik-titik ini memenuhi kendala dan menghasilkan kemunduran minimum dari nilai objektif optimal, kita beralih ke komponen lain, jika bukan solusi *integer-feasible*. Misalkan  $[x_k]$  menjadi bilangan bulat yang layak yang memenuhi kondisi di atas. Kita kemudian dapat mengatakan jika  $[x_k] + 1 \in N([x_k])$  menyiratkan bahwa titik  $[x_k] + 1$  tidak mungkin atau menghasilkan nilai inferior pada fungsi objektif yang diperoleh berkenaan dengan  $[x_k]$ . Dalam hal ini  $[x_k]$  dikatakan sebagai solusi bilangan bulat "optimal" yang sebanding dengan masalah pemrograman bilangan bulat. Dalam kasus pencarian *neighbourhood* dilakukan melalui titik-titik layak yang diusulkan sehingga solusi layak *integer* paling tidak jauh dari solusi terus-menerus yang optimal.

Komponen vektor layak basis optimal  $(x_B)_k$ , menggunakan MILP dipecahkan sebagai kontinu dapat ditulis sebagai berikut :

$$(x_B)_k = \beta_k - \alpha_{k1}(x_N)_1 - \dots - \alpha_{kj}(x_N)_j - \dots - \alpha_{kn} - m(x_N)_{n-m} \tag{35}$$

Perhatikan bahwa persamaan ini dapat ditemukan di tabel akhir prosedur *simplex*. Jika  $(x_B)_k$  adalah variabel bilangan bulat dan diasumsikan bahwa  $\beta_k$  bukan bilangan bulat, partisi dari  $\beta_k$  ke dalam komponen bilangan bulat dan pecahan adalah yang diberikan.

$$[\beta_k] + f_k, \quad 0 \leq f_k \leq 1 \tag{36}$$

Misalkan kita ingin meningkatkan  $(x_B)_k$  ke bilangan bulat terdekatnya,  $([\ ] + 1)$ . Berdasarkan ide solusi suboptimal, kita dapat meningkatkan variabel non-basis tertentu, katakanlah  $(x_N)_{j^*}$ , di atas batas nol, disediakan  $\alpha_{kj^*}$ , sebagai salah satu elemen vektor  $j^*$ , adalah negatif. Misalkan  $j^*$  merupakan jumlah pergerakan non variabel  $(x_N)_{j^*}$ , sedemikian sehingga nilai numerik skalar  $(x_B)_k$  adalah bilangan bulat  $j^*$  dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$f^* = \frac{1 - f_k}{-\alpha_{kj^*}} \tag{37}$$

Sedangkan sisa non basis sisannya tetap nol. Dapat dilihat bahwa setelah mengganti (36) menjadi (34) untuk  $(x_N)_{j^*}$  dan dengan mempertimbangkan pembagian  $\beta_k$  yang diberikan dalam (35), diperoleh:

$$(x_B)_k = [\ ] + 1 \tag{38}$$

Jadi,  $(x_B)_k$  sekarang sebagai bilangan bulat.

Jelas bahwa variabel non-basis memainkan peran penting untuk membulatkan variabel basis yang sesuai. Oleh karena itu, hasil berikut ini diperlukan untuk mengkonfirmasi bahwa harus ada variabel tak-bulat yang bekerja dalam proses pembulatan.

**Teorema 1**

*Misalkan masalah MILP (32) dan (3) memiliki solusi optimal, maka beberapa variabel non basis.  $(x_N)_j, j = 1, \dots, n$ , harus variabel bilangan tidak bulat.*

**Bukti**

*Memecahkan masalah sebagai variabel kontinu dari variabel slack (yang tidak bulat, kecuali dalam kasus batasan kesetaraan). Jika diasumsikan bahwa vektor dari variabel basis  $x_B$  terdiri dari semua variabel slack maka semua variabel bilangan bulat akan berada pada vektor non basis  $x_N$  dan oleh karena itu bernilai bilangan bulat.*

Jelas bahwa komponen lainnya,  $(x_B)_{i^*k}$ , dari vektor  $x_B$  juga akan terpengaruh karena nilai numerik dari skalar  $(x_N)_{j^*}$  meningkat menjadi  $\Delta_{j^*}$ . Akibatnya, jika beberapa elemen vektor  $j^*$ , i.e.,  $j^*$  for  $i \in G \ k$  adalah positif, maka elemen yang sesuai dari  $x_B$  akan menurun, dan akhirnya dapat melewati nol. Namun, setiap komponen vektor  $x$  tidak boleh berada di bawah nol karena pembatasan tak negatif. Oleh karena itu, formula yang disebut uji rasio minimum diperlukan untuk mengetahui pergerakan maksimum non basis  $(x_N)_{j^*}$  sehingga semua komponen  $x$  tetap layak dilakukan. Tes rasio ini mencakup dua kasus.

1. Sebuah variabel basis  $(x_B)_{i^*k}$  menurun ke nol (batas bawah).
2. Variabel dasarnya,  $(x_B)_k$  meningkat ke bilangan bulat.

Secara khusus, sesuai dengan masing-masing dari kedua kasus di atas, seseorang akan menghitungnya

$$\theta_1 = \left\{ \frac{\beta_i}{j^*} \right\} \tag{39}$$

$$\theta_2 = \Delta_{j^*} \tag{40}$$

Seberapa jauh seseorang dapat melepaskan bilangan non basis  $(x_N)_{j^*}$  dari batas nolnya, sehingga vektor  $x$  tetap layak, akan bergantung pada uji rasio  $\theta^*$  yang diberikan di bawah ini

$$\theta^* = (\theta_1, \theta_2) \tag{41}$$

Jelas, jika  $\theta^* = \theta_1$ , salah satu variabel dasarnya  $(x_B)_{i^*k}$  akan mencapai batas bawah sebelum  $(x_B)_k$  menjadi bilangan bulat. Jika  $\theta^* = \theta_2$ , nilai numerik dari variabel dasar  $(x_B)_k$  akan bilangan bulat dan kelayakannya tetap dipertahankan. Secara analog, akan dapat mengurangi nilai numerik dari variabel dasar  $(x_B)_k$  ke bilangan bulat terdekatnya  $[\beta_k]$ . Dalam hal ini jumlah pergerakan variabel non basis tertentu,  $(x_N)_{j^*}$ , sesuai dengan elemen positif vektor  $\alpha_j^f$ , diberikan oleh :

$$\Delta_{j^f} = \frac{f_k}{\alpha_{kj}} \tag{42}$$

Untuk mempertahankan kelayakan, uji rasio  $\theta^*$  masih diperlukan. Perhatikan pergerakan variabel non-basis tertentu,  $\Delta$ , seperti yang diungkapkan dalam persamaan (1) dan (4). Satu-satunya faktor yang dibutuhkan untuk perhitungan adalah unsur yang sesuai vektor  $\alpha$ . Sebuah vektor  $\alpha_j$  dapat dinyatakan sebagai

$$\alpha_j = B^{-1}a_j, \quad j = 1, \dots, n - m \tag{43}$$

Oleh karena itu, untuk mendapatkan elemen tertentu dari vektor  $\alpha_j$  kita harus bisa membedakan kolom yang sesuai dari matriks  $[B]^{-1}$ . Misalkan kita perlu nilai elemen  $\alpha_{kj^*}$ , dengan memisalkan  $v_k$  menjadi vektor kolom ke- $k$  dari  $[B]^{-1}$ , kita kemudian memiliki

$$v_k^T = e_k^T B^{-1} \tag{44}$$

Selanjutnya, nilai numerik dari  $\alpha_{kj^*}$  dapat diperoleh dari

$$\alpha_{kj^*} = v_k^T a_{j^*} \tag{45}$$

Dalam terminologi *Linear Programming (LP)*, operasi yang dilakukan dalam persamaan (43) dan (44) disebut operasi harga. Vektor biaya tereduksi  $d_j$  dapat digunakan untuk mengukur kerusakan nilai fungsi tujuan yang disebabkan oleh pelepasan sebuah variabel non-basis dari batasnya. Akibatnya, dalam menentukan non-basis mana yang harus dilepaskan dalam proses pembulatan, vektor  $d_j$  harus diperhitungkan, sehingga kerusakan diminimalkan sehingga penyelesaian berkelanjutan minimum memberikan batas bawah untuk solusi layak bilangan bulat.

Namun demikian, jumlah pergerakan variabel non-basis tertentu seperti yang diberikan dalam persamaan (36) atau (1), tergantung dalam beberapa cara pada elemen yang sesuai dari vektor  $\alpha_j$ . Oleh karena itu dapat diamati bahwa kerusakan nilai fungsi tujuan karena melepas variabel non-basis  $(x_N)_j^*$  sehingga pembulatan variabel basis  $(x_B)_k$  dapat diukur dengan rasio.

$$\left| \frac{d_k}{k_j^*} \right| \tag{46}$$

Dimana  $|a|$  berarti nilai absolut scalar a.

Untuk meminimalkan peledakan solusi kontinu yang optimal, kemudian kita menggunakan strategi berikut untuk menentukan variabel *nonbasic* mana yang dapat ditingkatkan dari batas nol-nya, yaitu,

$$\left\{ \left| \frac{d_k}{k_j^*} \right| \right\}, \quad j = 1, \dots, n - m \tag{47}$$

Dari strategi "kendala aktif" dan pembagian batasan yang sesuai dengan variabel dasar ( $B$ ), *superbasic* ( $S$ ) dan *nonbasic* ( $N$ ), kita dapat menulis sebagai berikut :

$$[B \ S \ N \ 0 \ 0 \ I][x_b \ x_N \ x_S] = [b \ b_N] \tag{48}$$

atau

$$Bx_b + Sx_N + Nx_S = b \tag{49}$$

$$x_N = b_N \tag{50}$$

Basis matriks  $B$  diasumsikan berbentuk persegi dan *non singular*

$$x_B = \beta - Wx_S - \alpha x_N \tag{51}$$

dimana

$$\beta = B^{-1}b \tag{52}$$

$$W = B^{-1}S \tag{53}$$

$$\alpha = B^{-1}N \tag{54}$$

Ekspresi (49) menunjukkan bahwa variabel *non basic* dipegang sama dengan yang terikat. Hal ini terbukti melalui ungkapan "hampir" dasar Persamaan (50), strategi integerisasi yang dibahas pada bagian sebelumnya, dirancang untuk masalah MILP dapat diimplementasikan. Khususnya, kita dapat melepaskan variabel nonbasis dari ikatannya, Persamaan (49) dan menukarkannya dengan variabel dasar yang sesuai dalam proses pembulatan, walaupun solusinya akan merosot. Selanjutnya, Teorema 1, di atas juga dapat diperluas untuk masalah MINLP.

**Teorema 2.**

*Misalkan masalah MINLP memiliki solusi terus menerus yang optimal, maka kita selalu bisa mendapatkan variabel ynj non-integer  $y_j$  dalam vektor variabel dasar optimum.*

**Bukti.**

1. *Jika variabel-variabel ini nonbasis, mereka akan terikat. Oleh karena itu mereka*

memiliki nilai integer.

2. Jika  $y_j$  adalah hebat, adalah mungkin untuk membuat  $y_j$  dasar dan membawa nonbasic yang terikat untuk menggantikannya di super basic.

Namun, uji rasio yang dinyatakan dalam persamaan (1) tidak dapat digunakan sebagai alat untuk menjamin bahwa solusi bilangan bulat yang ditemukan secara optimal insang tetap berada di wilayah yang layak. Sebagai gantinya, digunakan uji kelayakan dari Optimal untuk memeriksa apakah solusi bilangan bulat itu layak atau tidak layak.

**Teorema 3.**

*Solusi suboptimal ada pada masalah MILP dan MINLP di mana semua variabel bilangan bulat (integer) bersifat super basis.*

**Bukti.**

1. Jika semua variabel bilangan bulat ada di  $N$ , maka akan terikat.
2. Jika variabel bilangan bulat adalah dasar, itu mungkin juga
  - Pertukaran dengan variabel kontinu superbasic, atau
  - Buatlah variabel integer super basic dan bawakan sebuah non basic yang terikat untuk menggantikannya dengan dasar yang memberikan solusi menurun

Kasus lain yang dapat terjadi adalah bahwa variabel dasar yang berbeda  $(x_B)_{i^*k}$  dapat mencapai batasnya sebelum  $(x_B)_k$  menjadi bilangan bulat. Atau dengan kata lain, kita berada dalam situasi dimana :

$$\theta^* = \Delta_1 \tag{55}$$

Dalam kasus ini, misalkan  $\theta^*$  merupakan jumlah gerakan non variabel  $(x_N)_j$  yang memindahkan variabel dasar  $(x_B)_j$  ke  $N$  dan posisinya di vektor variabel dasar akan digantikan oleh non basic  $(x_B)_{j^*}$ . Catatan  $(x_B)_k$  masih merupakan variabel dasar tak bulat dengan nilai baru.

**Pivoting**

Saat ini, kita berada dalam posisi di mana variabel dasar tertentu,  $(x_B)_k$  adalah *integerized*, sehingga variabel non basic yang sesuai,  $(c_N)_{j^*}$ , dilepaskan dari batas nol. Misalkan pergerakan maksimum  $(x_N)_{j^*}$  yang optimal

$$\theta^* = \Delta_{j^*} \tag{56}$$

Seperti  $(x_B)_k$  adalah bilangan bulat yang dinilai untuk mengeksploitasi cara mengubah basis dalam pemrograman linier, kita akan dapat bergerak  $(x_N)_{j^*}$  ke B (untuk mengganti  $(x_B)_k$ ) dan nilai integer  $(x_B)_k$  ke S untuk mempertahankan solusi bilangan bulat. Kita sekarang memiliki solusi merosot karena variabel dasarnya terikat. Proses integerizing berlanjut dengan himpunan baru  $[B, S]$ . Dalam kasus ini, akhirnya kita bisa berakhir dengan semua variabel bilangan bulat menjadi super basis.

## 4.2. Algoritma

### Tahap 1.

Langkah 1. (Uji konvergensi). If  $\|h\| > \text{TOLRG}$  lanjut ke langkah ke- 3.

Langkah 2. ("PRICE", misalnya., estimasi *Lagrange multipliers, add one superbasic*).

(a) Hitung  $\lambda = g_N - N^T \pi$

(b) Seleksi  $\lambda_{q_1} < -\text{TOLDJ}$  ( $\lambda_{q_2} > +\text{TOLDJ}$ ), elemen terbesar dari  $\lambda$  sesuai dengan variabel terikat batas bawahnya (atas). Jika tidak, **STOP**; Kondisi Kuhn-Tucker yang diperlukan agar solusi optimal terpenuhi.

(c) Jika tidak,

(i) Pilih  $q = q_1$  or  $q = q_2$  sesuai dengan  $|\lambda_q| = \max(|\lambda_{q_1}|, |\lambda_{q_2}|)$ ;

(ii) Tambahkan  $a_q$  sebagai kolom baru dari  $S$ ;

(iii) Tambahkan  $\lambda_q$  sebagai elemen baru dari  $h$ ;

(iv) Tambahkan kolom baru yang sesuai ke  $R$ .

(d) Tambahkan  $s$  sebesar 1.

Langkah 3. (Hitung arah pencarian,  $p = Zp_s$ ).

(a) Solusi  $R^T R p_s = -h$ .

(b) Solusi  $LU p_B = -S p_s$ .

(c) Set  $p = \begin{bmatrix} p_B \\ p_s \\ 0 \end{bmatrix}$

Langkah 4. (Uji rasio mempertahankan kelayakan).

(a) Temukan  $\alpha_{\max} \geq 0$ , Nilai terbesar dari  $x + \alpha p$  yang layak

(b) Jika  $\alpha_{\max} = 0$  lanjut ke langkah 7.

Langkah 5. (*Linesearch* untuk menemukan panjang langkah).

(a) Temukan  $\alpha$ , pendekatan  $\alpha^*$ , dimana

$$F(x + \alpha^* p) = \min_{0 < \theta \leq \alpha_{\max}} f(x + \theta p)$$

(b) Ubah  $x$  ke  $x + \alpha p$  dan himpunan  $f$  dan  $g$  menjadi nilai baru  $x$

Langkah 6. (Hitung gradien yang dikurangi,  $\bar{h} = Z^T g$ ).

(a) Solusi  $U^T L^T \pi = g_B$ .

(b) Hitung gradien tereduksi baru,  $\bar{h} = g_s - S^T \pi$ .

(c) Memodifikasi  $R$  untuk mencerminkan beberapa rekursi variabel-metrik pada

$$R^T R, \text{ menggunakan } p_s \text{ dan perubahan gradien tereduksi, } \bar{h} - h.$$

- (d) Set  $h = \bar{h}$ .
- (e) Jika  $\alpha < \alpha_{\max}$  go kembali ke langkah 1. Tidak ada kendala baru yang ditemukan sehingga kami tetap berada di subruang saat ini.

Langkah 7. (Ubah dasar jika perlu; hapus satu superbasic). Disini  $\alpha < \alpha_{\max}$  dan untuk beberapa  $p$  ( $0 < p \leq m + s$ ) variabel yang sesuai dengan kolom  $p$ -th kolom dari [B S] telah mencapai salah satu batasnya.

- (a) Jika variabel *basic* mencapai batas atasnya ( $0 < p \leq m$ ),

- (i) menukar  $p$ -th dan  $q$ -th kolom dari

$$\begin{bmatrix} B \\ x^T \\ B \end{bmatrix} \text{ dan } \begin{bmatrix} S \\ x^T \\ s \end{bmatrix}$$

masing-masing, di mana  $q$  dipilih untuk menjaga  $B$  nonsingular (ini membutuhkan vektor

$$\pi_p \text{ yang memuaskan } U^T L^T \pi_p = e_p);$$

- (ii) memodifikasi  $L, U, R$  dan  $\pi$  untuk mencerminkan perubahan dalam B ini;
- (iii) hitung gradien tereduksi yang baru  $h = g_s - S^T \pi$ ;
- (iv) lanjut ke poin (c).
- (b) Jika tidak, variabel *super basic* mencapai batasnya ( $m < p \leq m + s$ ). Tentukan  $q = p - m$ .
- (c) Buat variabel  $q$ -th dalam  $S$  non basic pada batas yang sesuai, dengan demikian: (i)

Hapus  $q$ -th kolom dari

$$\begin{bmatrix} S \\ x^T \\ s \end{bmatrix} \text{ and } \begin{bmatrix} R \\ h^T \end{bmatrix}$$

- (ii) mengembalikan R ke bentuk segitiga.
- (d) Kurangi  $s$  dengan 1 dan lanjutkan ke langkah 1.

## Tahap 2

Lakukan pencarian garis bulat untuk meningkatkan solusi layak bulat.

## 5. KESIMPULAN, IMPLIKASI, SARAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini menggunakan pendekatan model matematika untuk menyelesaikan masalah logistik dari perencanaan horizon pada sistem logistik. Pengembangan model optimisasi pada perencanaan sistem logistik dengan menggunakan pendekatan *Mixed Integer Non-Linear Programming* (MINLP) ke dalam kelas *NP-hard* untuk meminimumkan total biaya sistem logistik dan inventori pada rantai pasokan multi eselon dengan mempertimbangkan pemilihan pusat distribusi (*distribution center*) dan gudang (*warehouse*) yang dinamis sehingga dapat diimplementasi oleh perusahaan industri manufaktur dalam melakukan efisiensi biaya logistik

terpadu antara yaitu biaya produksi dengan inventori sekaligus.

Secara khusus kemampuan model MINLP digunakan pendekatan algoritma pencarian langsung layak (*Neighbourhood Search*) solusi pemecahan masalah jaringan sistem logistik rantai pasokan multi eselon secara terpadu untuk meminimumkan total biaya produksi, inventori dan transportasi yang terintegrasi. Sedangkan secara umum mampu peningkatan pelayanan konsumen di setiap rantai pasokan. Implementasi dan simulasi model sistem logistik terpadu baik secara empiris maupun teoritis dapat dibuktikan dengan menggunakan algoritma *NP-hard* sehingga dapat direkomendasi sebagai alat Perencanaan Horizon *Supply Chain Management* (SCM) untuk jangka menengah dalam menurunkan biaya logistik yang berdampak pada profitabilitas suatu industri manufaktur meningkatkan keuntungan dan daya saing pasar global.

Bagi para peneliti di masa mendatang dapat mengembangkan konsep reliabilitas dalam arti dapat menyelesaikan bagian sistem logistik yang bermasalah misalnya tersedianya gudang dan atau pusat distribusi dinamis (DC) tetapi tidak sesuai kapasitas logistik sehingga harus dipindahkan ke wilayah antara (akibat bencana, pe-rute-an, marketing pasar dan sebagainya) dan mengingat *stock* pengaman (barang yang cepat rusak dan permintaan konsumen yang tidak pasti) maka perlu dilengkapi aplikasi untuk melakukan estimasi inventori antara *supply* dan *demand* sehingga industri manufaktur tetap berkompetitif dalam ekonomi yang bergejolak ini dan mampu bertahan dalam era *disruption*. Selain itu bagi peneliti yang konsentrasi pada bidang logistik diharapkan dapat menyiapkan alat perangkat lunak berupa aplikasi program dalam menguji tingkat validitas dari model optimasi sistem logistik yang dibangun dari kelas *NP-hard*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alkallak, Isra Natheer, and Shaban, R. Z. (2008). Tabu Search Method For Solving The Traveling Salesman Problem. *Raf. J. of Comp. & Math's.*, vol. 5, pp.141-153.
- Aras , N., Altinel, I.K., and Orbay, M. (2007). New heuristic methods for the capacitated multi-facility weber problem. *Naval Research Logistics*, Vol. 54, 21-32.
- Bossert, J.M., and Willems, S.P. (2007). A Periodic-review Modeling Approach for Guaranteed Service Supply Chains. *Interfaces*, vol.37, (5), pp. 420-435.
- Chopra, S., and Meindl, P. (2006). *Supplay Chain Management Strategy, Planning and Operation*. Prentice Hall: Saddle River, NJ.
- Cohen, M.A., and Lee, H.L. (1988). Strategic Analysis of Integrated Production-Distribution Systems-Models and Methods, *Operational. Research*, vol. 36, pp. 216–228.
- Cordeau J.F, Pasin F., and Solomon M. M. (2006). An integrated model for logistics network design. *Annals of Operations Research*, vol. 144, no. 1, pp. 59-82, DOI <https://10.1007/s10479-006-0001-3>.
- Demirtas, N., and Tuzkaya, U.R. (2012). Strategic Planning of Layout of The Distribution Center: An Approach for Fruits and Vegetables Hall. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 58, pp.159-168.
- Dupont, L. (2008). Branch and bound algorithm for a facility location problem with concave site dependent costs. *International Journal Production Economics*, vol. 112, pp. 245-254.
- Eppen, G. (1979). Effects of Centralization on Expected Costs in A Multi-echelon Newsboy

- Problem. *Management Science*, vol. 25,(5), pp. 498-501.
- Glover, F. (1975). Improved Linear Integer Programming Formulations of Nonlinear Integer Problems. *Management Science*, vol. 22, pp. 455-460.
- Guerrero, W.J., Prodhon, C., Velasco, N., and Amaya C.A. (2013). Hybrid heuristic for the inventory location-routing problem with deterministic demand. *Int. J. Prod. Econ*, vol.146, pp. 359-370.
- H. E., Scarf 1986 *Testing for optimality in the absence of convexity in Walter P Heller, Ross M Starr and David A Starrett (Eds) (Cambridge University Press) pp 117-134*
- Hiassat A, Diabat A. (2011). Location-inventory-routing-problem with perishable products. *Paper presented at: 41st International Conference on Computers and Industrial Engineering*, vol. 23-25; Los Angeles, California, USA.
- Laporte, G. (1988). *Location routing problems in golden, Vehicle Routing: Methods and Studies*. North-Holland: Amsterdam, pp. 293318.
- Laporte, G., and Nobert (1987). A brand and bound algoritm for the asymmetrical distance contrained vehicle routing problem, volume 9, pp 857-868
- L.F., Escudero, P. V. Kamesam, A. J. King, and R.J-B, Wetts. (1993). Production planning via scenarios. *Annals of Operations Research*, vol.34, pp. 311-335.
- Mawengkang, H., Suherman. (2007). A heuristic method of scenario generation in multi-stage decision problem under uncertainty. *Journal of Industrial System* vol. 8, no. 2, pp. 98-105.
- Mawengkang, H. (1996). An Improved Algorithm for Solving Nonlinear Integer Programming Problems, *INFORM Meeting, Atlanda, 1996*.
- Mulyono, S. (2007). Riset Operasi. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Pinto, E.G. (2003). Supply Chain Optimization Using Multi-Objective Evolutionary Algorithms. *Departement of Industrial and Manufacturing Engineering The Pennsylvania State University*.
- Rao, U., Scheller-Wolf, A., and Tayur, S. (1999). Development of A Rapid-Response Supply Chain at Caterpillar. *Operations Research*, vol. 48, no. 2, pp. 189-204.
- Tsiakis, P., Shah, N. and Pantelides, C. (2001). Design of Multi-echelon Supply Chain Networks under Demand Uncertainty. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, vol. 40, pp. 3585-3604.
- Yigit, V., Aydin, M.E. and Turkbey, O. (2006). Solving large-scale uncapacitated facility location problems with evolutionary simulated annealing. *International Journal of Production Research*, vol. 44, no. 22, pp. 4773–4791.
- You, F., and Grossmann, I. E. (2008). Mixed-Integer Nonlinear Programming Models and Algorithms for Large-Scale Supply Chain Design with Stochastic Inventory Management. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, vol. 47, no. 20, pp.7802.