

Pendekatan Teori Permainan pada Model Pasar Duopoli Cournot dengan Informasi Tak Lengkap

Dinar Riyandani, Sudarwanto, Ria Arafiah
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Jakarta
Jl. Pemuda 10, Rawamangun, Jakarta Timur 13220, Indonesia
nankinmath@yahoo.com

Abstrak Teori permainan adalah adalah suatu pendekatan matematis yang dikembangkan untuk tujuan menganalisis persaingan yang melibatkan berbagai kepentingan. Berdasarkan kelengkapan informasinya permainan dibagi menjadi dua, yaitu permainan dengan informasi lengkap dan permainan dengan informasi tak lengkap. Permainan dengan informasi tak lengkap atau disebut juga sebagai permainan Bayes adalah model interaksi pengambilan keputusan di mana seorang pemain hanya mengetahui sebagian informasi pemain lainnya. Informasi dalam hal ini misalnya strategi yang tersedia, informasi lain yang dimiliki lawannya dan sebagainya, sehingga mempengaruhi fungsi payoff pemain lainnya. Penerapan permainan bayes salah satunya adalah model interaksi duopoli Cournot. Dalam duopoli Cournot, masing-masing perusahaan hanya mengetahui fungsi biaya marjinalnya sendiri yaitu kemungkinan rendah (L) atau tinggi (H) tapi tidak mengetahui fungsi biaya perusahaan pesaingnya. Informasi ini menghasilkan Situasi persaingan dan interaksi dalam pasar duopoli Cournot yang kemudian dimodelkan dengan teori permainan. Dalam skripsi ini teori permainan Bayes digunakan untuk menentukan titik equilibrium atau solusi optimum dari pasar duopoli Cournot.

Kata kunci : duopoli Cournot, teori permainan, keseimbangan bayesian Cournot.

1 Pendahuluan

Secara umum, pasar merupakan tempat bertemunya pembeli dan penjual. Berdasarkan strukturnya, yaitu jumlah penjual dan pembeli pasar digolongkan menjadi pasar persaingan sempurna dan pasar persaingan tidak sempurna. Pasar persaingan sempurna adalah pasar yang terbentuk dari penjual dan pembeli yang banyak dimana produk yang dijual bersifat homogen. Pasar persaingan tidak sempurna adalah pasar dimana produsen mempunyai kekuatan untuk mengatur harga dan barang yang dijual bersifat heterogen, pasar ini terdiri atas monopoli yang merupakan pasar dengan pengusaha tunggal dan tidak memiliki pesaing, persaingan monopolistik yang merupakan pasar dengan banyak produsen dengan komoditas yang berbeda karakteristik, serta pasar oligopoli.

Pasar oligopoli merupakan mekanisme pasar universal, dimana perdagangan dikuasai oleh sedikit perusahaan yang menghasilkan produk yang sama atau homogen. Perusahaan ini tidak hanya memiliki permintaan pasar namun juga strategi untuk meningkatkan keuntungannya. Salah satu jenis pasar oligopoli adalah oligopoli Cournot. Model Cournot diperkenalkan oleh Augustin Cournot pada tahun 1838 (Sugiarto, dkk 2005). Salah satu ciri dari pasar oligopoli Cournot adalah setiap perusahaan yakin pesaingnya akan tetap mempertahankan output konstan apabila salah satu perusahaan mengubah jumlah outputnya. Situasi dimana tidak ada perusahaan yang ingin mengubah tingkat outputnya disebut keseimbangan Cournot. Salah satu model oligopoli Cournot adalah model duopoli Cournot, yaitu model pasar yang terdiri atas dua perusahaan. Dalam duopoli Cournot

dimana terdapat dua perusahaan yang terlibat persaingan dalam merebut pasar, fungsi laba masing-masing perusahaan dapat dimodelkan dalam teori permainan. Amir dan Grilo (1999) menjelaskan tentang model duopoli dalam permainan, dimana terdapat dua model yaitu Cournot dan Stackelberg. Dalam permainan, perusahaan harus memilih dari kedua model tersebut mana yang dapat memberikan imbalan yang maksimum.

Teori permainan merupakan suatu pendekatan matematis yang dikembangkan dengan tujuan menganalisis situasi persaingan yang melibatkan berbagai kepentingan. Beberapa contoh yang nyata dari dua pihak yang bertentangan adalah pertentangan dua partai politik yang saling bersaing, perang antara dua kesatuan, pertentangan antara buruh dan majikan, pertandingan antara dua kesebelasan, pertentangan dua perusahaan untuk merebut pasar, dan lain-lain (Kartono, 1994).

Berdasarkan kelengkapan informasinya teori permainan dibagi atas permainan informasi lengkap dan informasi tak lengkap. Dalam teori permainan umumnya setiap pemain mengetahui strategi dari masing-masing pemain. Strategi didefinisikan sebagai suatu siasat atau rencana tertentu dari seorang pemain sebagai reaksi atas aksi yang mungkin dilakukan oleh pemain lain yang menjadi saingannya. Akan tetapi tidak demikian dalam permainan dengan informasi tak lengkap. Permainan ini pertama kali diperkenalkan oleh Harsanyi (1967). Dalam permainan tersebut diasumsikan bahwa ada pemain yang tidak mengetahui beberapa parameter penting pemain lainnya. Misalnya strategi yang tersedia, informasi lain yang dimiliki lawannya dan sebagainya, sehingga mempengaruhi fungsi *payoff* pemain lainnya. Sebagai contoh, sebuah perusahaan mungkin tidak mengetahui biaya produksi pesaingnya.

Permasalahan dalam pasar duopoli Cournot adalah memodelkan setiap situasi persaingan dan interaksi dalam pasar tersebut ke dalam suatu model permainan. Setiap perusahaan ingin memaksimalkan *payoff* dengan cara memilih kuantitas yang dapat memberikan maksimum. Masing-masing perusahaan hanya mengetahui biaya produksinya akan tetapi tidak mengetahui biaya produksi pesaingnya. Selanjutnya akan dicari titik ekuilibrium atau solusi optimum dari permainan pasar duopoli Cournot tersebut berdasarkan Mehmet Can (2012) yang menemukan keseimbangan Bayes dalam permainan duopoli Cournot demikian pula dengan Scott McCracken dan Rodrigues-Neto (2012). Selain itu akan dicari hubungan probabilitas informasi yang diketahui masing-masing pemain terhadap aksi (strategi) yang dipilihnya dengan manual dan dibandingkan dengan software Matlab.

2 Landasan Teori

1. Teori Permainan

Teori permainan (*game theory*) adalah suatu pendekatan matematis yang dikembangkan untuk tujuan menganalisis persaingan yang melibatkan berbagai kepentingan (Dumairy, 2003). Teori ini mengacu dari suatu keadaan di mana terdapat dua orang atau lebih dengan tujuan atau kepentingan yang berbeda terlibat dalam suatu permainan. Tindakan masing-masing pemain turut mempengaruhi hasil akhir dari permainan.

Unsur-unsur dasar dalam teori permainan adalah :

- (a) Jumlah Pemain yaitu pihak yang terlibat dalam suatu permainan.
- (b) Pembayaran (*Payoff*) yaitu pembayaran yang diterima sebagai hasil akhir suatu permainan.
- (c) Strategi Permainan yaitu suatu siasat atau rencana tertentu dari seorang pemain sebagai reaksi atas aksi yang mungkin dilakukan oleh pesaingnya.

- (d) Matriks Permainan yaitu sebuah matriks yang unsur-unsurnya berupa ganjaran dari para pemain yang terlibat.
- (e) Titik Pelana

Berdasarkan strateginya permainan dibagi menjadi dua yaitu:

- **Permainan dengan Strategi Murni**

Permainan dengan strategi murni adalah suatu permainan dengan posisi pilihan terbaiknya bagi setiap pemain dicapai dengan memilih satu strategi tunggal (Kartono, 1994).

- **Permainan dengan Strategi Campuran**

Jika dalam suatu permainan tidak dapat diselesaikan dengan strategi murni karena dalam permainan tersebut tidak diperoleh titik pelana, maka pemain dapat melakukan strategi campuran.

Berdasarkan jumlah pembayarannya:

- **Permainan Dua Pihak Berjumlah Nol**

Permainan dua pihak berjumlah nol adalah suatu permainan dengan jumlah kemenangan kedua belah pihak sama dengan nol (Kartono, 1994). Hal ini berarti bahwa jumlah pembayaran yang diterima bagi salah satu pemain yang menang sama dengan jumlah pembayaran yang dibayarkan oleh pihak yang kalah. Dalam hal ini kemenangan dari pihak yang satu merupakan kekalahan bagi pihak lainnya.

- **Permainan Dua Pihak Berjumlah Tak Nol**

Permainan dengan jumlah tak nol (*non zero sum games*) adalah permainan dengan total pembayaran dari masing-masing pemain pada akhir suatu permainan tidak sama nol.

Berdasarkan kelengkapan informasinya :

- **Permainan dengan Informasi Tak Lengkap**

Permainan dengan informasi tak lengkap atau yang sering disebut juga sebagai permainan bayes adalah model interaksi pengambilan keputusan di mana seorang pemain hanya memiliki sebagian informasi tentang pemain lainnya (Zamir, 2009). Unsur-unsur dalam permainan bayes adalah:

- (a) Pemain merupakan pihak yang terlibat dalam permainan, misalkan terdapat K pemain, $K = 1, 2, \dots, K$; $K \in N$
- (b) Aksi (*action*)
Merupakan strategi yang dipilih oleh tiap pemain.
- (c) Pembayaran (*Payoff*) merupakan fungsi pembayaran $u_i(a, \omega)$ yang tergantung pada profil aksi dan kondisi dalam suatu permainan. Dalam model duopoli cournot, payoff untuk kedua pemain merupakan fungsi laba.
- (d) Informasi (*information*) didefinisikan sebagai pengetahuan yang dimiliki oleh pemain di saat mengambil suatu keputusan. Informasi pemain i untuk $i = 1, 2 \dots K$ diberikan oleh tipe fungsi $\tau_i : \Omega \rightarrow T_i$, dimana T_i dinotasikan sebagai ruang tipenya.
- (e) Keyakinan (*beliefs*) merupakan probabilitas dari strategi yang dipilih oleh tiap-tiap pemain. $\mu = \mu(t)$ dimana $0 < \mu(t) < 1$ dan $\sum_{t \in T} \mu(t) = 1$. Probabilitas bahwa tipe i adalah t_i yang didefinisikan oleh $\mu_i(t_i) =$

$\sum_{t_{-i} \in T_{-i}} \mu(t_i, t_{-i})$. Probabilitas kondisi t yang diberikan tipe i adalah t_i adalah $\mu(t|t_i)$. Aturan bayes mengakibatkan $\mu(t|t_i) = \frac{\mu(t)}{\mu_i(t_i)}$

Diberikan profil strategi σ_{-i} untuk pemain lain, akan didefinisikan pembayaran (*payoff*) untuk pemain i sebagai berikut:
untuk setiap tindakan a_i , jika A_{-i} tak hingga maka didefinisikan:

$$\begin{aligned} U_i(a_i, \sigma_{-i}|\omega) &= E_{\sigma_{-i}}(\cdot|\tau_{-i}(\omega)) [u(a_i, \sigma_{-i}, \omega)] \\ &= \sum_{a_{-i} \in A_{-i}} u(a_i, \sigma_{-i}, \omega) \sigma_{-i}(a_{-i}|\tau_{-i}(\omega)) \end{aligned}$$

menjadi pembayaran (*payoff*) untuk pemain i dalam kondisi ω .

Jika masing-masing $\hat{\mu} > 0$ maka setiap keseimbangan bayes juga merupakan keseimbangan nash dalam permainan strategi $(\sum_i, U_i)_{i \in K}$, dimana fungsi payoff $U_i : \sum \rightarrow \Re$ dan jika A_i hingga untuk masing-masing pemain yang didefinisikan:

$$\begin{aligned} U_i &= E_{\mu} [U_i((\sigma(\cdot|\tau_i), \sigma_{-i}, \tau_i))] \\ &= \sum_{t_i \in T_i} U_i((\sigma(\cdot|t_i), \sigma_{-i}), t_i) \hat{\mu}(t_i) \end{aligned}$$

2. Struktur Pasar

Pasar adalah suatu institusi atau badan yang menjalankan aktivitas jual beli barang-barang dan atau jasa-jasa (Sugiarto, dkk 2005). Berdasarkan sifat dan bentuknya, pasar dapat diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu pasar dengan persaingan sempurna (*perfect competitive market*) dan pasar dengan persaingan tak sempurna (*imperfect competitive market*). Jenis-jenis pasar yang termasuk golongan pasar dengan persaingan tak sempurna antara lain adalah pasar monopoli (*monopoly*), persaingan monopolistik (*monopolistic competition*), dan oligopoli (*oligopoly*).

Pasar oligopoli adalah pasar yang terdiri dari beberapa produsen yang menghasilkan seluruh atau sebagian besar total output di pasar (Sugiarto, dkk 2005). Jenis-jenis model oligopoli adalah oligopoli sweezy, oligopoli cournot, oligopoli bertrand dan oligopoli stackelberg. Ada kalanya pasar oligopoli terdiri dari dua produsen saja yang dikenal dengan pasar duopoli.

Oligopoli Cournot merupakan model pasar oligopoli yang pertama diperkenalkan oleh Augustin Cournot seorang ahli ekonomi berkebangsaan Prancis pada tahun 1838. Aturan dasar untuk model Cournot adalah dalam suatu industri terdapat jumlah perusahaan yang tetap, yaitu n perusahaan. Tidak ada perusahaan yang baru masuk ataupun keluar meskipun terdapat perusahaan yang mungkin memilih untuk tidak berproduksi. Asumsi utama dari model ini adalah bahwa jika sebuah perusahaan telah menentukan tingkat produksinya, maka perusahaan tersebut tidak akan mengubahnya. Atas dasar asumsi inilah perusahaan pesaingnya akan meningkatkan tingkat produksinya.

3 Pembahasan

1. Duopoli Cournot pada permainan Bayes dalam Teori Permainan

Permainan dengan informasi tak lengkap atau yang sering disebut juga sebagai permainan bayes adalah model interaksi pengambilan keputusan di mana seorang pemain hanya memiliki sebagian informasi tentang pemain lainnya (Shmuel Zamir,

2009). Informasi dalam hal ini misalnya fungsi payoff, strategi yang tersedia, informasi lain yang dimiliki lawannya dan sebagainya, sehingga mempengaruhi fungsi payoff pemain lainnya.

Penerapan permainan bayes salah satunya adalah model duopoli cournot, dimana terdapat dua perusahaan yang terlibat dalam permainan dan output produksi satu perusahaan mempengaruhi output produksi perusahaan lainnya. Masing-masing perusahaan harus menentukan bagaimana ia memproduksi. Secara sederhana mereka dapat menentukan apakah memproduksi dengan output rendah (q_L) atau tinggi (q_H) sehingga mengakibatkan:

- (a) Jika kedua perusahaan sama-sama menentukan output tinggi (q_H) maka output total (Q) juga tinggi maka harga (P) akan rendah. Dengan demikian laba kedua perusahaan akan sama-sama rendah.
- (b) Jika perusahaan 1 memproduksi output tinggi (q_H^1) dan perusahaan 2 memproduksi output rendah (q_L^2), output total Q akan medium dan harga P juga medium sehingga perusahaan 1 akan memperoleh laba tinggi dan perusahaan 2 mendapat laba rendah. Demikian sebaliknya, jika perusahaan 2 memproduksi output tinggi (q_H^2) dan perusahaan 1 memproduksi output rendah (q_L^1) maka perusahaan 2 akan memperoleh laba tinggi dan perusahaan 1 mendapat laba rendah.
- (c) Jika kedua perusahaan sama-sama memutuskan output rendah (q_L) maka output total (Q) akan rendah dan harga (P) akan tinggi. Dengan demikian laba kedua perusahaan akan sama-sama tinggi.

Dalam permainan duopoli cournot dengan informasi tak lengkap masing-masing duopolis mengetahui biaya marjinalnya sendiri, yaitu kemungkinan rendah (L) atau tinggi (H). Akan tetapi mereka tidak mengetahui biaya pemain lainnya. Dimisalkan $0 \leq c_L < c_H < 1$. Seorang pemain memiliki tipe rendah (L) jika ia memiliki biaya marjinal yang rendah yang dinotasikan c_L . Sebaliknya, tipe tinggi (H) jika biaya marjinalnya tinggi dan dinotasikan sebagai c_H . Dimisalkan $\theta_{t_1 t_2}^1 > 0$ dinotasikan sebagai probabilitas posterior pemain 1 pada tipe $t_1 \in \{L, H\}$ bahwa pemain lainnya memiliki tipe $t_2 \in \{L, H\}$. Demikian juga dengan $\theta_{t_1 t_2}^2 > 0$ dinotasikan sebagai probabilitas posterior pemain 2 pada tipe $t_2 \in \{L, H\}$ bahwa pemain lainnya memiliki tipe $t_1 \in \{L, H\}$.

Diasumsikan bahwa tiap pemain memaksimalkan laba harapannya dan fungsi permintaan untuk masing-masing pemain $j \in (1, 2)$ adalah

$$P^j = \max \{1 - q^j - \beta q^k, 0\} \quad (1)$$

dimana :

- q^j = output yang diproduksi oleh perusahaan j
- q^k = output produksi perusahaan k (perusahaan pesaingnya)
- P^j = harga untuk pemain ke- j

Keseimbangan nash dalam permainan bayesian cournot adalah profil strategi $(q_L^1, q_H^1, q_L^2, q_H^2)$ sedemikian sehingga untuk semua pemain $j \in (1, 2)$ dan semua tipe $t \in (L, H)$ output q_t^j memaksimalkan laba harapan pemain j pada kondisi keyakinan posteriornya ketika memilih tipe t .

Dimisalkan invers permintaan pada persamaan (1) merupakan fungsi linier dan

$$\begin{aligned}\pi_i &= TR - TC \\ &= p_i q_i - c_i q_i\end{aligned}$$

dimana:

- π_i = laba perusahaan i
- TR = penerimaan total yang diterima perusahaan (*total revenue*)
- TC = biaya yang dikeluarkan perusahaan (*total cost*)

maka payoff untuk masing-masing pemain adalah:

$$U_t^j(q_j, q_k) = (1 - q_t^j - \beta q^k - c_t) q_t^j$$

sehingga:

$$\begin{aligned}U_L^1(q_1, q_2) &= (1 - q_L^1 - \beta(\theta_{LL}^1 q_L^2 + \theta_{LH}^1 q_H^2) - c_L) q_L^1 \\ U_H^1(q_1, q_2) &= (1 - q_H^1 - \beta(\theta_{HL}^1 q_L^2 + \theta_{HH}^1 q_H^2) - c_H) q_H^1 \\ U_L^2(q_1, q_2) &= (1 - q_L^2 - \beta(\theta_{LL}^2 q_L^1 + \theta_{HL}^2 q_H^1) - c_L) q_L^2 \\ U_H^2(q_1, q_2) &= (1 - q_H^2 - \beta(\theta_{LH}^2 q_L^1 + \theta_{HH}^2 q_H^1) - c_H) q_H^2\end{aligned}$$

payoff akan maksimum jika $\frac{dU_t^j(q_j, q_k)}{dq_j} = 0$, maka:

output perusahaan 1 dengan tipe L

$$q_L^1 = \frac{1 - c_L - \beta(\theta_{LL}^1 q_L^2 + \theta_{LH}^1 q_H^2)}{2} \quad (2)$$

output perusahaan 1 dengan tipe H

$$q_H^1 = \frac{1 - c_H - \beta(\theta_{HL}^1 q_L^2 + \theta_{HH}^1 q_H^2)}{2} \quad (3)$$

output perusahaan 2 dengan tipe L

$$q_L^2 = \frac{1 - c_L - \beta(\theta_{LL}^2 q_L^1 + \theta_{HL}^2 q_H^1)}{2} \quad (4)$$

output perusahaan 2 dengan tipe H

$$q_H^2 = \frac{1 - c_H - \beta(\theta_{LH}^2 q_L^1 + \theta_{HH}^2 q_H^1)}{2} \quad (5)$$

dimana $\{q_L^1, q_H^1, q_L^2, q_H^2\}$ merupakan keseimbangan bayesian nash pada model cournot.

Lemma 3.1 Pemain $j \in \{1, 2\}$ memiliki keyakinan yang independen jika dan hanya jika

$$\theta_{LL}^j + \theta_{HH}^j = 1$$

Bukti: Lihat [Rodrigues – Neto, 2012]

Lemma 3.2 Rasio selisih antara Q_{LH} dan Q_{HL} dengan selisih antara biaya marjinal yang tinggi dan rendah diberikan oleh:

$$\frac{Q_{LH} - Q_{HL}}{c_H - c_L} = \frac{\beta [(\theta_{LL}^2 + \theta_{HH}^2) - (\theta_{LL}^1 + \theta_{HH}^1)]}{4 - \beta^2(1 - \theta_{LL}^1 - \theta_{HH}^1)(1 - \theta_{LL}^2 - \theta_{HH}^2)} \quad (6)$$

terutama, aksi simetri berlaku jika dan hanya jika

$$\theta_{LL}^1 + \theta_{HH}^1 = \theta_{LL}^2 + \theta_{HH}^2 \quad (7)$$

Bukti: Lihat [Rodrigues – Neto, 2012]

Lemma 3.3 Dalam model cournot, keyakinan konsisten jika dan hanya jika $\Delta = 0$

Bukti: Lihat [Rodrigues – Neto, 2012]

2. Contoh Kasus

Di suatu kota terdapat dua perusahaan yang bergerak di bidang makanan cepat saji. Kedua perusahaan memproduksi barang yang homogen. Tidak ada informasi yang diketahui masing-masing perusahaan seperti waktu berproduksi, jumlah pekerja, jumlah bahan baku, dan sebagainya sehingga jumlah output yang dihasilkan pun tak dapat diprediksi. Masing-masing perusahaan hanya mengetahui dengan pasti biaya marjinalnya sendiri, tetapi tidak mengetahui biaya perusahaan pesaingnya. Ia beranggapan bahwa perusahaan pesaingnya memiliki biaya marjinal yang kemungkinan rendah atau tinggi. Setiap perusahaan beranggapan bahwa output yang dipilih lawannya pada saat ini akan sama dengan sebelumnya dan kedua perusahaan memaksimalkan saat ini. Jika setiap perusahaan mengetahui fungsi permintaan pasar adalah $P = 1 - Q = 1 - q_1 - q_2$ dan probabilitas bersyarat masing-masing perusahaan memilih tipenya adalah jika kedua perusahaan memilih tipe yang sama adalah $\frac{3}{8}$ dan kedua perusahaan ketika tipe berbeda adalah $\frac{1}{8}$ yang disajikan pada tabel berikut : Model permainan duopoli cournot:

		Perusahaan 2	
		L	H
Perusahaan 1	L	3/8	1/8
	H	1/8	3/8

Tabel 1: Probabilitas masing-masing tipe pemain

	Pemain pertama	Pemain kedua
T_i	$\{L, H\}$	$\{L, H\}$
τ_i	L, H	L, H
A_i	$\mathfrak{R}_+, q_1 \in A_1$	$\mathfrak{R}_+, q_2 \in A_2$
u_i	$u_i(q_1, q_2, c_t) = q_1(1 - q_1 - q_2 - c_t)$ $t = L, H$	$u_i(q_1, q_2, c_t) = q_2(1 - q_1 - q_2 - c_t)$ $t = L, H$

$\Omega = \{LL, LH, HL, HH\}$ dan $\mu(c_L) = \mu(c_H) = \frac{1}{2}$ dimisalkan pula c_t merupakan tipe perusahaan pertama dan C_t tipe perusahaan kedua dimana $t \in (L, H)$

Probabilitas posterior untuk masing-masing tipe adalah $\theta_{LL}^1 = \theta_{LL}^2 = \frac{3}{4}$, $\theta_{LH}^1 = \theta_{LH}^2 = \frac{1}{4}$, $\theta_{HL}^1 = \theta_{HL}^2 = \frac{1}{4}$, dan $\theta_{HH}^1 = \theta_{HH}^2 = \frac{3}{4}$

(a) Keseimbangan bayes dalam kasus ini adalah:

- Output perusahaan 1 dengan tipe L

$$q_L^1 = \frac{1 - c_L - \left(\frac{3}{4}q_L^2 + \frac{1}{4}q_H^2\right)}{2}$$

- Output perusahaan 1 dengan tipe H

$$q_H^1 = \frac{1 - c_H - \left(\frac{1}{4}q_L^2 + \frac{3}{4}q_H^2\right)}{2}$$

- Output perusahaan 2 dengan tipe L

$$q_L^2 = \frac{1 - c_L - \left(\frac{3}{4}q_L^1 + \frac{1}{4}q_H^1\right)}{2}$$

- Output perusahaan 2 dengan tipe H

$$q_H^2 = \frac{1 - c_H - \left(\frac{1}{4}q_L^1 + \frac{3}{4}q_H^1\right)}{2}$$

substitusi keempat persamaan tersebut sehingga menghasilkan:

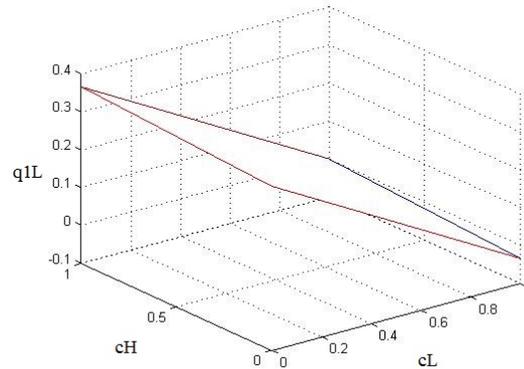
$$q_L^1 = \frac{1}{3} - \frac{11}{30}c_L + \frac{1}{30}c_H$$

$$q_H^1 = \frac{1}{3} + \frac{1}{30}c_L - \frac{11}{30}c_H$$

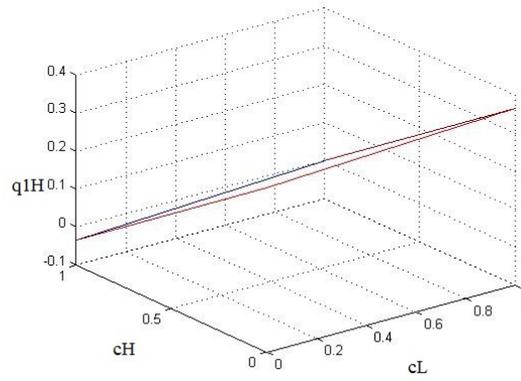
$$q_L^2 = \frac{1}{3} - \frac{11}{30}c_L + \frac{1}{30}c_H$$

$$q_H^2 = \frac{1}{3} + \frac{1}{30}c_L - \frac{11}{30}c_H$$

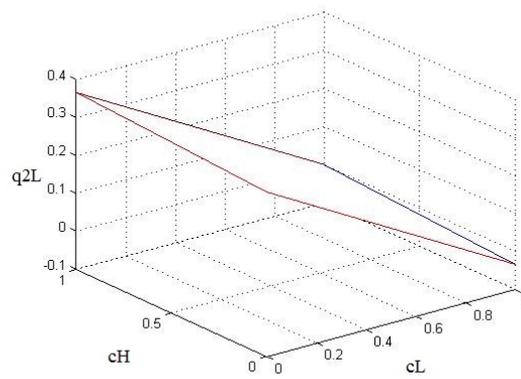
Sehingga diperoleh hubungan sebagai berikut:



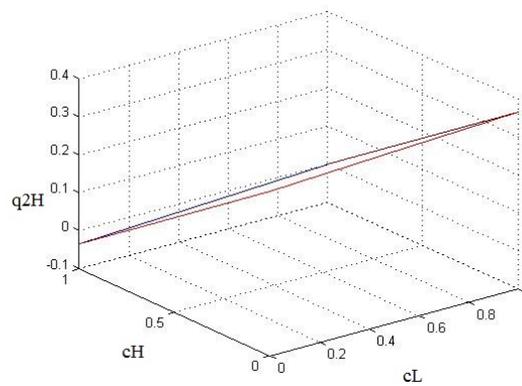
Gambar 1: Grafik hubungan antara q_L^1 , c_L dan c_H



Gambar 2: Grafik hubungan antara q_H^1 , c_L dan c_H



Gambar 3: Grafik hubungan antara q_L^2 , c_L dan c_H



Gambar 4: Grafik hubungan antara q_H^2 , c_L dan c_H

(b) Karena

$$\begin{aligned}\theta_{HH}^1 + \theta_{LL}^1 &= \frac{3}{4} + \frac{3}{4} = \frac{3}{2} \\ \theta_{HH}^2 + \theta_{LL}^2 &= \frac{3}{4} + \frac{3}{4} = \frac{3}{2}\end{aligned}$$

berdasarkan lemma (3.1) maka keyakinan masing-masing tak independen.

(c) Karena

$$\theta_{HH}^1 + \theta_{LL}^1 = \theta_{HH}^2 + \theta_{LL}^2$$

berdasarkan lemma (3.2) maka aksi yang dipilih kedua pemain simetri.

(d) Karena

$$\begin{aligned}\Delta &= \theta_{LL}^1 \theta_{HH}^1 (1 - \theta_{LL}^2 - \theta_{HH}^2) - \theta_{LL}^2 \theta_{HH}^2 (1 - \theta_{LL}^1 - \theta_{HH}^1) \\ &= \left(\frac{3}{4}\right) \left(\frac{3}{4}\right) \left(1 - \frac{3}{4} - \frac{3}{4}\right) - \left(\frac{3}{4}\right) \left(\frac{3}{4}\right) \left(1 - \frac{3}{4} - \frac{3}{4}\right) \\ &= 0\end{aligned}$$

berdasarkan lemma (3.3) maka keyakinan konsisten.

4 Penutup

Fungsi payoff untuk pasar duopoli cournot dengan informasi tak lengkap dimana kedua pemain hanya mengetahui biaya marjinalnya adalah L (*low*) atau H (*high*) adalah:

$$U_t^j(q_j, q_k) = \left(1 - q_t^j - \beta q^k - c_t\right) q_t^j$$

dimana q_j adalah output produksi perusahaan j dan q_t output perusahaan k (perusahaan pesaingnya).

Keseimbangan nash dalam permainan bayes cournot

$$\begin{aligned}q_L^1 &= \frac{1 - c_L - \beta (\theta_{LL}^1 q_L^2 + \theta_{LH}^1 q_H^2)}{2} \\ q_H^1 &= \frac{1 - c_H - \beta (\theta_{HL}^1 q_L^2 + \theta_{HH}^1 q_H^2)}{2} \\ q_L^2 &= \frac{1 - c_L - \beta (\theta_{LL}^2 q_L^1 + \theta_{HL}^2 q_H^1)}{2} \\ q_H^2 &= \frac{1 - c_H - \beta (\theta_{LH}^2 q_L^1 + \theta_{HH}^2 q_H^1)}{2}\end{aligned}$$

Pustaka

- [1] Amir, Rabah dan Grilo. 1999. "Stackelberg Versus Cournot Equilibrium". *Games Economic Behaviour* 26 : 1-21.
- [2] Can, Mehmet. 2012. *Cournot Model of Duopoly with Incomplete Information*. Bosnia. www.ius.edu.ba/mcan/CPAPERS/CPDF/dubrovnik.pdf. diakses 26 september 2012 pukul 22.45 WIB
- [3] Dumairy. 2003. *Matematika Terapan untuk Bisnis dan Ekonomi*. PT BPFE : Yogyakarta.

- [4] Friedman. 1986. *Oligopoly Theory*. Cambridge University Press: New York.
- [5] Kartono. 1994. *Teori Permainan*. Andi Offset : Yogyakarta.
- [6] Kaykobad, M. 1985. "Positif Solution of Positive Linear Systems". *Linier Algebra and its Applications* 64 : 133-140.
- [7] McCracken, S and Rodrigues-Neto. 2012. *The role of Incomplete Information in The Cournot Duopoly*. Australia. [http : //scottmccracken.weebly.com/uploads/9/0/6/6/9066859/cournotduopoly.pdf](http://scottmccracken.weebly.com/uploads/9/0/6/6/9066859/cournotduopoly.pdf). diakses 27 september 2012 pukul 09.37 WIB
- [8] Rahardja, Pratama dan Mandala Manurung. 2003. *Teori Mikroekonomi (Suatu Pengantar)*. Lembaga Penerbit FE UI.
- [9] Rodrigues-Neto. 2006. *From Posteriors to Prior Via Cycles*. University of Wisconsin-Madison and Brazilian Central Bank.
- [10] Sugiarto, dkk. 2005. *Ekonomi Mikro : Sebuah Kajian Komprehensif*. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta
- [11] Wilson. 2012. *Bayesian Games*. Advance Game Theory. New York University. [https : //files.nyu.edu/caw1/public/ADGame/Handouts/adf12h16bayesiangames.pdf](https://files.nyu.edu/caw1/public/ADGame/Handouts/adf12h16bayesiangames.pdf) diakses 26 September 2012 pukul 22.46 WIB
- [12] Zamir, Shmuel. 2009. *Bayesian Games: Games with Incomplete Information*. Center for the Study of Rationality, Hebrew University, Jerusalem, Israel. [http : //www.ma.huji.ac.il/~zamir/documents/BayesianGamesShmuelZamir.pdf](http://www.ma.huji.ac.il/~zamir/documents/BayesianGamesShmuelZamir.pdf). diakses 26 September 2012 pukul 23.03 WIB
- [13] <http://www2.ucy.ac.cy/~kgmarina/classes/files/150/Handout%2007%20-%20Game%20Theory.pdf> . diakses 10 Oktober 2012. Pukul 12.56 WIB.