Pemodelan Proses *Drafting* Pada Permainan *Dota 2* Menggunakan Teori Permainan

Oleh:

Raihan Fauzan

10119087

Program Studi Sarjana Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Bandung

- Latar Belakang
- Permasalahan & Tujuan Tugas Akhir
- Sekilas tentang Teori Permainan
- Hasil Awal
- Rencana Selanjutnya
- Daftar Pustaka

Latar Belakang

Latar Belakang

- Permainan *Dota 2*
- *Hero*
- Proses *Drafting*

Permainan *Dota 2*

Dota 2 adalah permainan ***multiplayer online battle arena*** **(MOBA)**

Permainan tim *5 vs 5*, tiap pemain memainkan 1 ***"hero"*** yang memiliki **kemampuan unik.**

Tujuan utama permainan adalah menghancurkan bangunan utama lawan yang disebut ***"Ancient"***.

Hero

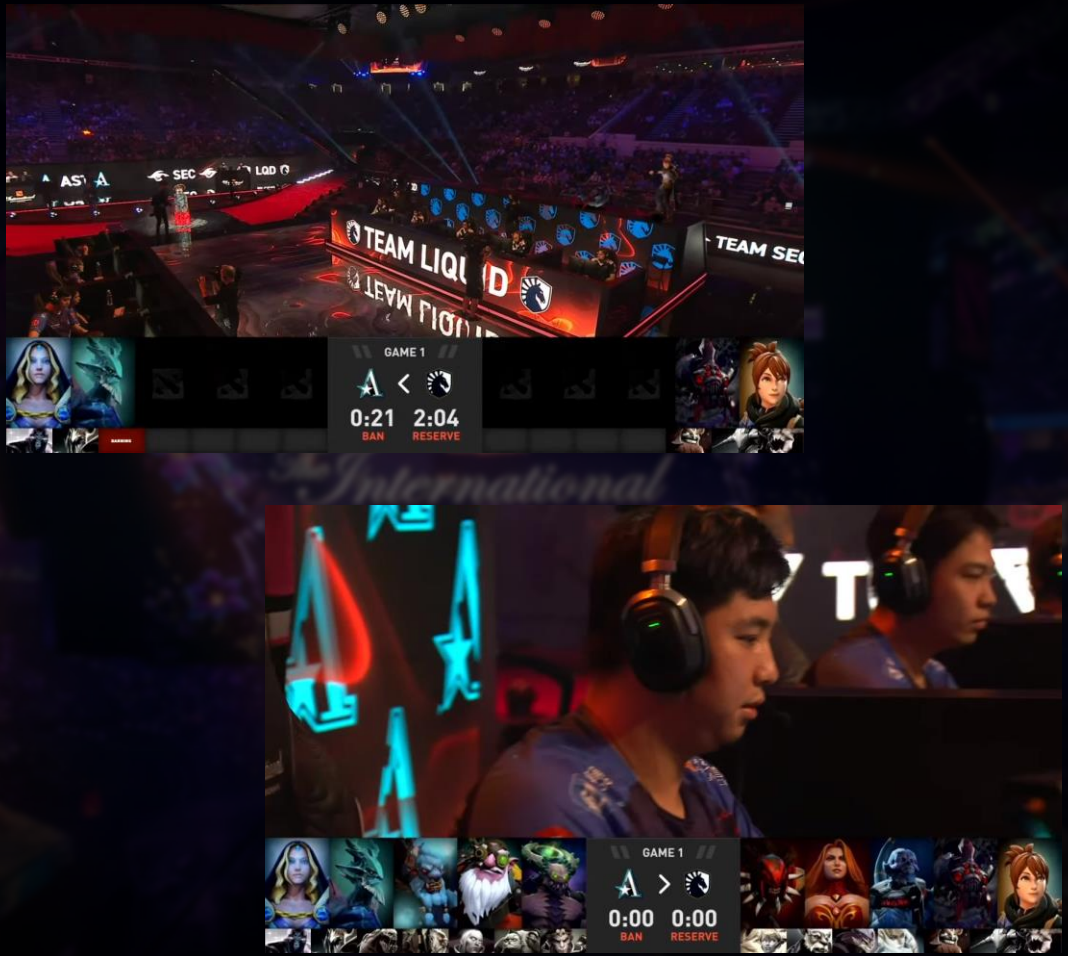
Terdapat **123 *hero*** yang bisa dipilih oleh pemain (patch 7.32).
Setiap ***hero*** memiliki peran dan kemampuan yang unik.

Terdapat $\binom{123}{10} \approx 1.5 \times 10^{14}$ kemungkinan kombinasi *hero* yang bisa ada dalam 1 permainan.

Proses *Drafting*

Drafting

Pada turnamen *Dota 2*, sebelum kedua tim bertanding, masing-masing tim menentukan *hero* mana yang akan **dipilih *(pick)*** dan yang **dilarang *(ban)*** dalam permainan. Proses ini disebut dengan ***Drafting.***



Proses *Drafting* pada *The International* 2022

Mekanisme *Drafting*

Terdapat 2 bagian pada *Drafting*, yaitu ***Ban*** dan ***Pick***

Ban

Pada bagian ini, Kedua tim memilih *hero* yang dilarang dimainkan. Masing-masing tim memilih 6 *hero* yang di-*ban.*

Pick

Pada bagian ini, Kedua tim memilih *hero* yang akan dimainkan. Masing-masing tim memilih 5 *hero* untuk dimainkan. *Hero* yang sudah di-*ban atau di-pick* oleh lawan tidak dapat dipilih.

Permasalahan & Tujuan Tugas Akhir

Permasalahan Tugas Akhir

"Bagaimana cara memilih kombinasi *hero* yang lebih unggul dari kombinasi *hero* tim lawan?"

Tujuan

Membuat algoritma sistem rekomendasi kombinasi *hero* yang lebih unggul dari kombinasi *hero* lawan.

Tujuan

Membuat algoritma sistem rekomendasi kombinasi *hero* yang lebih unggul dari kombinasi *hero* lawan.

↓

- Menilai keunggulan antar kombinasi *hero.*
- Membuat algoritma rekomendasi yang memaksimalkan keunggulan.

Tujuan

Membuat algoritma sistem rekomendasi kombinasi *hero* yang lebih unggul dari kombinasi *hero* lawan.

↓

- Menilai keunggulan antar kombinasi *hero.* **(Fokus pada seminar ini)**
- Membuat algoritma rekomendasi yang memaksimalkan keunggulan.

Tujuan

Menilai keunggulan kombinasi *hero.*

$\downarrow$

Meninjau proses *drafting* sebagai Permainan Statis dengan Informasi Lengkap.

Sekilas tentang Teori Permainan

Apa itu *Permainan* ?

"Sebuah **permainan** adalah deskripsi tentang **interaksi strategis**, memuat batasan-batasan **aksi** yang dapat dilakukan **pemain** dan juga **keinginannya**"

(Osborne, 1994)

Permainan Statis

Permainan Dinamis

Permainan Statis *(Static Game)*

Permainan Statis adalah sebuah permainan dimana setiap pemain membuat 1 aksi dan setiap pemain tidak mengetahui aksi yang dipilih pemain lain sebelum ia membuat aksi miliknya.

Permainan Statis

Contoh:

Permainan *Gunting-Kertas-Batu*

Pengetahuan Umum *(Common Knowledge)*

Sebuah pengetahuan K disebut **Pengetahuan Umum** jika (1) semua orang tahu K, (2) semua orang tahu bahwa semua orang tahu K, dan seterusnya.

Permainan dengan Informasi Lengkap

Sebuah permainan dengan informasi lengkap adalah permainan yang dimana komponen-komponen berikut adalah **pengetahuan umum**:

1. Semua kemungkinan aksi dari setiap pemain
2. Semua kemungkinan hasil
3. Bagaimana setiap kombinasi aksi dari setiap pemain mempengaruhi hasil
4. Preferensi dari setiap pemain terhadap hasil

Preferensi

Preferensi mendeskripsikan bagaimana pemain menentukan **urutan kemungkinan hasil** dari yang **paling diinginkan** hingga yang **paling tidak diinginkan**. Preferensi dapat dideskripsikan secara matematis menggunakan beberapa relasi.

Preferensi

Relasi Preferensi dengan notasi $x \succsim y$ memiliki arti "x setidaknya sama baik dengan y".

Relasi Preferensi Tegas dengan notasi $x \succ y$ memiliki arti "x lebih baik daripada y".

Relasi Indiferen dengan notasi $x \sim y$ memiliki arti "x sama baiknya dengan y".

Permainan dengan Informasi Lengkap

Contoh: Permainan ***Gunting-Kertas-Batu***

1. Semua kemungkinan aksi

$$\{\text{Gunting, Kertas, Batu}\}$$

Permainan dengan Informasi Lengkap

Contoh: Permainan ***Gunting-Kertas-Batu***

2. Semua kemungkinan hasil

$$\{\text{Pemain 1 Menang, Pemain 2 Menang, Seri}\}$$

Permainan dengan Informasi Lengkap

Contoh: Permainan ***Gunting-Kertas-Batu***

3. Bagaimana setiap kombinasi dari aksi setiap pemain mempengaruhi hasil

Pemain 1

Pemain 2

	Gunting	**Kertas**	**Batu**
Gunting	Seri	Pemain 2 Menang	Pemain 1 Menang
Kertas	Pemain 1 Menang	Seri	Pemain 2 Menang
Batu	Pemain 2 Menang	Pemain 1 Menang	Seri

Permainan dengan Informasi Lengkap

Contoh: Permainan ***Gunting-Kertas-Batu***

4. Preferensi setiap pemain terhadap hasil

Preferensi Pemain 1: Pemain 1 Menang $\succ$ Seri $\succ$ Pemain 2 Menang

Preferensi Pemain 2: Pemain 2 Menang $\succ$ Seri $\succ$ Pemain 1 Menang

Permainan Bentuk Normal (*Normal-Form*)

1. Himpunan hingga dari pemain, $N = \{1, 2, \cdots, n\}$.
2. Koleksi dari himpunan strategi murni, $\{S_1, S_2, \cdots, S_n\}$.
3. Himpunan dari fungsi *payoff*, $\{v_1, v_2, \cdots, v_n\}$, yang masing-masing memetakan tiap kombinasi strategi terpilih ke nilai *payoff*-nya, yaitu, himpunan fungsi $v_i : S_1 \times S_2 \times \cdots \times S_n \to \mathbb{R}$ untuk setiap $i \in N$.

Strategi Murni

Strategi Murni dari pemain i dalam permainan statis adalah aksi yang dilakukan pemain i. Himpunan semua strategi murni dari pemain i dinotasikan dengan S_i.

Profil strategi murni $s = (s_1, s_2, \cdots, s_n)$, $s_i \in S_i$ untuk setiap $i = 1, 2, \cdots, n$, mendeskripsikan kombinasi strategi murni yang dipilih oleh semua pemain dalam permainan.

Notasi s_{-i} menyatakan semua strategi murni dari pemain selain pemain i.

Hubungan antara preferensi dan fungsi *payoff*

Fungsi payoff v_i merepresentasikan relasi preferensi $\succsim$ jika untuk setiap pasangan profil strategi $s^*, s^\circ \in S$, $S = S_1 \times S_2 \times \cdots \times S_n$, $v_i(s^*) \geq v_i(s^\circ)$ jika dan hanya jika $s^* \succsim s^\circ$.

Fungsi payoff v_i merepresentasikan relasi preferensi tegas $\succ$ jika untuk setiap pasangan profil strategi $s^*, s^\circ \in S$, $S = S_1 \times S_2 \times \cdots \times S_n$, $v_i(s^*) > v_i(s^\circ)$ jika dan hanya jika $s^* \succ s^\circ$.

Hubungan antara preferensi dan fungsi *payoff*

Fungsi payoff v_i merepresentasikan relasi indiferen $\sim$ jika untuk setiap pasangan profil strategi $s^*, s^\circ \in S$, $S = S_1 \times S_2 \times \cdots \times S_n$, $v_i(s^*) = v_i(s^\circ)$ jika dan hanya jika $s^* \sim s^\circ$.

Permainan Bentuk Normal *(Normal-Form)*

Contoh: Permainan ***Gunting-Kertas-Batu***

1. Himpunan hingga dari pemain, $N = \{1, 2\}$
2. Koleksi dari himpunan strategi murni, $\{S_1, S_2\}$
   dengan $S_1 = S_2 = \{\text{Gunting, Kertas, Batu}\}$

Permainan Bentuk Normal *(Normal-Form)*

Contoh: Permainan ***Gunting-Kertas-Batu***

3. Himpunan fungsi *payoff*, $\{v_1, v_2\}$, dengan

$v_1(\text{Gunting,Gunting}) = 0$ $v_1(\text{Gunting,Kertas}) = 1$ $v_1(\text{Gunting,Batu}) = -1$

$v_1(\text{Kertas,Kertas}) = 0$ $v_1(\text{Kertas,Batu}) = 1$ $v_1(\text{Kertas,Gunting}) = -1$

$v_1(\text{Batu,Batu}) = 0$ $v_1(\text{Batu,Gunting}) = 1$ $v_1(\text{Batu,Kertas}) = -1$

Permainan Bentuk Normal *(Normal-Form)*

Contoh: Permainan ***Gunting-Kertas-Batu***

3. Himpunan fungsi *payoff*, $\{v_1, v_2\}$, dengan

$$v_2(\text{Gunting,Gunting}) = 0 \quad v_2(\text{Gunting,Kertas}) = -1 \quad v_2(\text{Gunting,Batu}) = 1$$
$$v_2(\text{Kertas,Kertas}) = 0 \quad v_2(\text{Kertas,Batu}) = -1 \quad v_2(\text{Kertas,Gunting}) = 1$$
$$v_2(\text{Batu,Batu}) = 0 \quad v_2(\text{Batu,Gunting}) = -1 \quad v_2(\text{Batu,Kertas}) = 1$$

Asumsi Pemain

Pemain "Rasional": Pemain yang rasional adalah pemain yang memilih aksinya, $s_i \in S_i$, untuk memaksimalkan nilai *payoff* miliknya.

Pemain "Cerdas": Pemain yang cerdas adalah pemain yang mengetahui segala tentang permainan: semua aksi, semua hasil, dan semua preferensi dari setiap pemain.

Asumsi Pemain

Pengetahuan Umum: Fakta bahwa semua pemain **rasional** dan **cerdas** adalah pengetahuan umum di antara semua pemain.

Hasil Awal

Hasil Awal

- Proses *Drafting* sebagai Permainan Statis dengan Informasi Lengkap
- Faktor-faktor yang berpengaruh pada Proses *Drafting*
- Konstruksi Fungsi *Payoff*

Proses *Drafting* sebagai Permainan Statis dengan Informasi Lengkap

Proses *Drafting* dalam bentuk Permainan Bentuk Normal

1. Himpunan pemain, $N = \{1, 2\}$.
2. Koleksi dari himpunan strategi murni, $\{S_1, S_2\}$.
3. Himpunan dari fungsi *payoff*, $\{v_1, v_2\}$, yang masing-masing memetakan tiap kombinasi strategi terpilih ke nilai *payoff*-nya, yaitu, himpunan fungsi $v_i : S_1 \times S_2 \to \mathbb{R}$ untuk setiap $i \in N$.

Strategi Murni dalam Proses *Drafting*

Misalkan himpunan semua *hero*, $H = \{h_1, h_2, \cdots, h_n\}$, dengan n adalah jumlah *hero*.

Himpunan strategi murni / aksi dalam permainan proses *drafting* adalah

$$S_i = \{H_i \subset H \big| |H_i| = m\},$$

dengan m adalah jumlah *hero* yang di-*pick*.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada Proses *Drafting*

Faktor-faktor yang berpengaruh pada Proses *Drafting*

- Preferensi Tim terhadap *Hero*
- Sinergi *Hero*
- *Counter Hero*

Preferensi Tim terhadap *Hero*

Setiap tim memiliki preferensi terhadap *hero* yang ingin dimainkan terlepas dari faktor eksternal lainnya. Jika *hero* yang ada di preferensi terpilih, maka *hero* tersebut memberi keunggulan bagi tim.

Sinergi dan *Counter*

Setiap *hero* memiliki kelebihan, kekurangan, dan peran yang unik. Hal ini menyebabkan adanya kombinasi *hero* yang lebih baik saat dimainkan bersama. Ada juga *hero* yang lebih unggul saat melawan *hero* tertentu, dan sebaliknya. Faktor-faktor tersebut yang membuat proses *drafting* menjadi lebih dinamis.

Sinergi *Hero*

Jika tim memilih kombinasi *hero* yang bersinergi, maka keunggulan tim tersebut bertambah.

Sinergi *Hero*

2 *Hero* yang dimainkan dalam satu tim

Meepo

Enigma

Sinergi *Hero* berdasarkan *winrate*

Meepo

Winrate: 51.0%

Enigma

Winrate: 49.1%

Meepo + Enigma

Winrate: 56.2% ⬆

Counter Hero

Jika tim memilih *hero* yang merupakan *counter* bagi *hero* di tim lawan, maka keunggulan tim bertambah, dan sebaliknya, jika tim lawan memilih *hero* yang merupakan *counter* bagi *hero* di tim, maka keunggulan tim berkurang.

Counter Hero

2 *Hero* yang dimainkan di tim berlawanan

Storm Spirit

Anti-Mage

Counter Hero berdasarkan *winrate*

Storm Spirit

Winrate: 45.8%

Anti-Mage

Winrate: 51.9%

Storm Spirit vs Anti-Mage

Winrate **Storm Spirit**: 39.2% ↓

Winrate **Anti-Mage**: 60.8% ↑

Konstruksi Fungsi *Payoff*

Konstruksi Fungsi *Payoff*

Fungsi *Payoff* dikonstruksi berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh pada proses *drafting*.

Faktor – faktor tersebut akan dimodelkan sebagai fungsi pada strategi murni. Untuk memodelkannya, akan didefinisikan beberapa variabel sebagai berikut.

1. Himpunan *Pick*

Himpunan *Pick* tim i, H_i, adalah himpunan yang memuat *hero* yang di-*pick* oleh tim i, dengan $H_i \in S_i$.

Sebagai contoh, misal $H = \{h_1, h_2, \cdots, h_8\}$, dan tim 1 memilih h_1, h_3, dan h_8, maka

$$H_1 = \{h_1, h_3, h_8\}.$$

2. Vektor *Pick*

Vektor *Pick* tim i, $\vec{p}_i$, adalah vektor dengan entri sebanyak n, dimana

$$\vec{p}_i = \begin{pmatrix} p_{h_1} & p_{h_2} & \cdots & p_{h_n} \end{pmatrix}^\mathsf{T},$$

$p_{h_j} = 1$ jika $h_j \in H_i, p_{h_j} = 0$ jika $h_j \notin H_i$.

Sebagai contoh, misal $H = \{h_1, h_2, \cdots, h_8\}$, dan $H_1 = \{h_1, h_3, h_8\}$, maka

$$\vec{p}_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}^\mathsf{T}.$$

3. Vektor Preferensi

Vektor Preferensi tim i, $\vec{pr}_i$, adalah vektor dengan entri sebanyak n, dimana

$$\vec{pr}_i = \begin{pmatrix} pr_{h_1} & pr_{h_2} & \cdots & pr_{h_n} \end{pmatrix}^{\intercal}, \sum_{j=1}^{n} pr_j = 1, 0 \leq pr_j \leq 1.$$

Sebagai contoh, misal $H = \{h_1, h_2, \cdots, h_8\}$, dan

$$\vec{pr}_1 = \begin{pmatrix} 0.3 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0.05 & 0.05 & 0.1 \end{pmatrix}^{\intercal},$$

maka $h_1 \succ h_3 \succ h_8 \succ h_6 \sim h_7 \succ h_2 \sim h_4 \sim h_5$.

4. Nilai Sinergi

Misal *winrate* h_a, *winrate* h_b, dan *winrate* h_a bersama h_b masing-masing dinotasikan w_{h_a}, w_{h_b}, dan $w_{h_a+h_b}$.

Nilai sinergi antara h_a dengan h_b adalah

$$\bar{s}_{h_a,h_b} = w_{h_a+h_b} - w_{h_a}.$$

Perhatikan bahwa $\bar{s}_{h_a,h_b} \neq \bar{s}_{h_b,h_a}$, dan $\bar{s}_{h_a,h_a} = 0$.

4. Nilai Sinergi

Sebagai contoh, akan dihitung nilai sinergi antara **Meepo** dan **Enigma.**

Diketahui nilai dari $w_{\textbf{Meepo}} = 0.510$, $w_{\textbf{Enigma}} = 0.491$, dan $w_{\textbf{Meepo+Enigma}} = 0.562$, maka

$$\begin{aligned}\bar{s}_{\textbf{Meepo,Enigma}} &= w_{\textbf{Meepo+Enigma}} - w_{\textbf{Meepo}} \\ &= 0.052,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{s}_{\textbf{Enigma,Meepo}} &= w_{\textbf{Meepo+Enigma}} - w_{\textbf{Enigma}} \\ &= 0.071.\end{aligned}$$

5. Nilai *Counter*

Misal *winrate* h_a, *winrate* h_b, dan *winrate* h_a lawan h_b masing-masing dinotasikan w_{h_a}, w_{h_b}, dan $w_{h_a \times h_b}$.

Nilai *counter* antara h_a dengan h_b adalah

$$c_{h_a,h_b} = w_{h_a \times h_b} - w_{h_a}.$$

Perhatikan bahwa $c_{h_a,h_b} \neq c_{h_b,h_a}$, dan $c_{h_a,h_a} = 0$.

5. Nilai *Counter*

Sebagai contoh, akan dihitung nilai *counter* antara **Storm Spirit** dan **Anti-mage.**

Diketahui nilai dari $w_{\textsf{StormSpirit}} = 0.458$, $w_{\textsf{AntiMage}} = 0.519$, $w_{\textsf{StormSpirit} \times \textsf{AntiMage}} = 0.392$, dan $w_{\textsf{AntiMage} \times \textsf{StormSpirit}} = 0.608$, maka

$$\begin{aligned} c_{\textsf{StormSpirit},\textsf{AntiMage}} &= w_{\textsf{StormSpirit} \times \textsf{AntiMage}} - w_{\textsf{StormSpirit}} \\ &= -0.066, \\ c_{\textsf{AntiMage},\textsf{StormSpirit}} &= w_{\textsf{AntiMage} \times \textsf{StormSpirit}} - w_{\textsf{AntiMage}} \\ &= 0.089. \end{aligned}$$

Fungsi Preferensi Tim

Fungsi preferensi tim i, $P_i(s_i)$, adalah fungsi yang memetakan s_i ke nilai preferensinya, dengan

$$P_i(s_i) = (\vec{p}_i \cdot \vec{pr}_i)$$

dimana $\vec{p}_i$ adalah vektor *pick* tim i, dan $\vec{pr}_i$ adalah vektor preferensi tim i.

Fungsi Total Sinergi Tim

Fungsi total sinergi tim i, $\bar{S}_i(s_i)$, adalah fungsi yang memetakan s_i ke total nilai sinerginya, dengan

$$\bar{S}_i(s_i) = 0.5 + \sum_{h_j \in H_i} \sum_{h_k \in H_i} \frac{\bar{s}_{h_j,h_k}}{m(m-1)}$$

dimana H_i adalah himpunan *pick* tim i, $\bar{s}_{h_j,h_k}$ adalah nilai sinergi h_j terhadap h_k, dan m adalah jumlah *hero* yang di-*pick*.

Fungsi Total *Counter* Tim

Fungsi total *counter* tim i, $C_i(s_i, s_{-i})$, adalah fungsi yang memetakan s_i dan s_{-i} ke total nilai *counter*-nya, dengan

$$C_i(s_i, s_{-i}) = 0.5 + \sum_{h_j \in H_i} \sum_{h_k \in H_{-i}} \frac{c_{h_j, h_k}}{m^2}$$

dimana H_i adalah himpunan *pick* tim i, H_{-i} adalah himpunan *pick* tim lawan dari i, c_{h_j,h_k} adalah nilai *counter* h_j terhadap h_k, dan m adalah jumlah *hero* yang di-*pick*.

Fungsi *Payoff*

Fungsi *Payoff* tim i, $v_i(s_i, s_{-i})$, dikonstruksi berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh pada proses *drafting*, dengan

$$v_i(s_i, s_{-i}) = \begin{cases} \alpha_i P(s_i) + \beta_i \bar{S}(s_i) + \gamma_i C(s_i, s_{-i}) & s_i \cap s_{-i} = \emptyset \\ 0 & s_i \cap s_{-i} \neq \emptyset \end{cases}$$

dimana α_i,β_i, dan γ_i masing-masing adalah koefisien pengaruh dari tiap faktor, α_i, β_i, $\gamma_i \in \mathbb{R}_+$, $\alpha_i + \beta_i + \gamma_i = 1$.

Menghitung Keunggulan menggunakan Fungsi *Payoff*

Misalkan $H = \{h_1, \cdots, h_8\}, H_1 = \{h_1, h_3, h_8\}, H_2 = \{h_2, h_5, h_7\}$, didapat

$$\vec{p}_1 = \begin{pmatrix}1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1\end{pmatrix}^\intercal,$$
$$\vec{p}_2 = \begin{pmatrix}0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0\end{pmatrix}^\intercal.$$

Misalkan preferensi tim 1, $\vec{pr}_1 = \begin{pmatrix}0.3 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0.05 & 0.05 & 0.1\end{pmatrix}^\intercal$, dan preferensi tim 2, $\vec{pr}_2 = \begin{pmatrix}0.1 & 0.2 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0.3 & 0\end{pmatrix}^\intercal$.

Misalkan nilai sinergi antar *hero* di H disajikan dalam tabel sebagai berikut:

S	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8
h_1	0	0.071	0.027	-0.058	0.045	-0.085	-0.047	0.017
h_2	0.053	0	0.031	-0.032	-0.058	0.031	0.032	0.087
h_3	0.042	0.057	0	0.054	0.069	-0.030	-0.058	0.039
h_4	-0.078	-0.085	0.029	0	-0.025	0.030	0.041	0.039
h_5	0.065	-0.060	0.045	-0.030	0	0.054	-0.059	-0.078
h_6	-0.098	0.015	-0.063	0.039	0.058	0	0.041	-0.060
h_7	-0.059	0.022	-0.030	0.057	-0.060	0.055	0	-0.025
h_8	0.011	0.079	0.036	0.029	-0.079	-0.050	-0.030	0

Misalkan nilai *counter* antar *hero* di H disajikan dalam tabel sebagai berikut:

C	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8
h_1	0	0.051	0.040	-0.011	-0.035	0.062	0.082	-0.034
h_2	-0.072	0	0.032	-0.062	0.011	0.048	-0.035	0.022
h_3	-0.029	-0.083	0	0.062	0.048	-0.035	0.032	-0.058
h_4	0.029	0.034	-0.030	0	-0.077	-0.065	0.032	0.015
h_5	0.037	-0.078	-0.058	0.061	0	0.060	-0.059	0.034
h_6	-0.069	0.038	0.029	0.078	-0.051	0	-0.042	-0.019
h_7	-0.063	-0.012	-0.017	-0.042	0.092	0.037	0	0.019
h_8	0.035	-0.037	0.055	-0.061	0.043	-0.043	0.018	0

Dan misalkan $\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{1}{5}, \beta_1 = \beta_2 = \gamma_1 = \gamma_2 = \frac{2}{5}$. Maka dapat dihitung nilai dari $v_1(s_1, s_2)$ dan $v_2(s_2, s_1)$, yaitu

$$v_1(s_1, s_2) = \alpha_1 P(s_1) + \beta_1 \bar{S}(s_1) + \gamma_1 C(s_1, s_2)$$

$$= \frac{1}{5}\left(\vec{p}_1 \cdot \vec{pr}_1\right) + \frac{2}{5}\left(0.5 + \sum_{h_j \in H_1} \sum_{h_k \in H_1} \frac{\bar{s}_{h_j,h_k}}{6}\right) + \frac{2}{5}\left(0.5 + \sum_{h_j \in H_1} \sum_{h_k \in H_2} \frac{c_{h_j,h_k}}{9}\right)$$

$$= 0.12 + 0.2116 + 0.2088 = 0.5404,$$

$$v_2(s_2, s_1) = \alpha_2 P(s_2) + \beta_2 \bar{S}(s_2) + \gamma_1 C(s_2, s_1)$$

$$= \frac{1}{5}\left(\vec{p}_2 \cdot \vec{pr}_2\right) + \frac{2}{5}\left(0.5 + \sum_{h_j \in H_2} \sum_{h_k \in H_2} \frac{\bar{s}_{h_j,h_k}}{6}\right) + \frac{2}{5}\left(0.5 + \sum_{h_j \in H_2} \sum_{h_k \in H_1} \frac{c_{h_j,h_k}}{9}\right)$$

$$= 0.18 + 0.188 + 0.1972 = 0.5652.$$

Karena $v_1(s_1, s_2) < v_2(s_2, s_1)$, maka kombinasi *hero* tim 2 lebih unggul daripada kombinasi *hero* tim 1.

Rencana Selanjutnya

- Proses *Drafting* sebagai Permainan Dinamis dengan Informasi Lengkap
- Konstruksi Fungsi *Payoff* untuk Permainan Dinamis
- Pembuatan Algoritma Pemilihan *Hero*