

## Analisis Biomekanika pada Stroke Nomor 100 Meter Gaya Dada terhadap *Swimming Velocity*

Muchamad Arif Al Ardha<sup>1</sup>, Chung Bing Yang<sup>2</sup>, Mochamad Ridwan<sup>1</sup>, Gatot Darmawan<sup>1</sup>, Setiyo Hartoto<sup>1</sup>, Bambang Ferianto Tjahyo Kuntjoro<sup>1</sup>, Dwi Cahyo Kartiko<sup>1</sup>, Sri Sumartiningsih<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Pendidikan Olahraga, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Physical Education Department, National Dong Hwa University, Taiwan

<sup>3</sup>Jurusan Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Disubmit: 12 Oktober 2019. Direvisi: 30 November 2019. Disetujui: 1 Desember 2019

**Abstract** This research aims to analyze the biomechanics components i.e. swimming velocity (SV), stroke frequency (SF), stroke rate (SR), and distance per stroke (DPS) at 100 meters breaststroke 12-13 years old male swimmer. This is a quantitative research which was conducted by comparative methods. There were 70 athletes which were divided in to four quartiles based on the official time record in Jatim Open 2019 swimming competition. The videos were recorded by using Canon 80D camera and Canon 18-135 STM lens with HD quality and 50 fps. Eight videos were analyzed by using Kinovea 0.8.15 in eight observation zones. The data were tested by normality test (Kolmogorov-smirnov) and comparative test (one way anova) in SPSS 20.0 computer program. The results, SV, SF, SR dan DPS have a normal distribution (sig.>0.05). Furthermore, there is a significant different among quartile group in SV, SF, SR dan DPS (sig.<0.05). In conclusion, quartile 1 group has better time compare than quartile 4 group, because quartile 1 group performs more effective SF and SR with longer DPS than other groups.

**Keywords:** biomechanics; swimming velocity; stroke frequency; stroke rate; distance per stroke;

**Abstract** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komponen biomekanika *swimming velocity* (SV), *stroke frequency* (SF), *stroke rate* (SR), dan *distance per stroke* (DPS) pada 100 meter gaya dada putra kelompok umur 3. Penelitian ini merupakan penelitian *quantitative* dengan metode *comparative*. Sebanyak 70 atlet renang berusia 12-13 tahun dari berbagai provinsi di Indonesia yang berpartisipasi pada kejuaraan renang Jatim Open 2019 di Jawa Timur dibagi menjadi 4 kuartil berdasarkan catatan waktu resmi panitia perlombaan. Video diambil dengan menggunakan kamera Canon 80D dan lensa Canon 18-135 STM dengan resolusi video full HD dan 50 fps. Delapan video dianalisis dengan menggunakan *software* komputer Kinovea 0.8.15 pada 8 zona pengamatan dengan jarak 10 dan 15 meter. Data masing-masing zona diuji normalitas dan uji beda dengan menggunakan *One Way Anova* serta Post-Hoc pada *software* komputer SPSS 20.0. Berdasarkan hasil uji normalitas, secara keseluruhan SV, SF, SR dan DPS mempunyai distribusi data yang normal (sig. > 0.05). Selanjutnya berdasarkan hasil *One Way Anova*, ditemukan perbedaan dari ke empat kelompok pada SV, SF, SR dan DPS (sig. < 0.05). Kesimpulannya, atlet pada kuartil 1 mempunyai catatan waktu yang baik karena mempunyai efektivitas SF dan SR, serta jarak DPS yang lebih jauh dari ketiga kelompok lain-

nya pada 8 zona pengamatan.

**Keywords:** biomekanika; swimming velocity; stroke frequency; stroke rate; distance per stroke;

### PENDAHULUAN

Olahraga merupakan rangkaian aktivitas fisik yang terstruktur dan dilaksanakan dengan peraturan dari induk organisasi resmi sebagai pedoman. Jika ditinjau dari tujuannya, maka olahraga setidaknya bisa dikategorikan menjadi olahraga prestasi, pendidikan, kesehatan, dan rekreasi. Pada olahraga prestasi, tujuan utamanya adalah menjadi juara. Sehingga kemampuan fisik, teknik, taktik dan mental sangat diperhatikan guna mendapatkan capaian terbaik dari seorang atlet. Sedangkan pada olahraga pendidikan, penerapannya diimplementasikan pada pelajaran Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan (PJOK) yang bertujuan untuk mengoptimalkan tumbuh kembang fisik, meningkatkan ketrampilan motorik, membudayakan hidup sehat jasmani dan rohani serta menanamkan karakter sportivitas. Terakhir pada olahraga kesehatan dan rekreasi lebih menekankan pada komponen kesehatan baik jasmani dan rohani.

Renang merupakan olahraga masyarakat yang bisa dilakukan oleh setiap orang dari berbagai usia dan untuk mencapai ke empat tujuan tersebut. Sehingga sangat penting untuk mengetahui teknik berenang yang baik dan aman. Biomekanika adalah disiplin ilmu yang mempelajari efektivitas gerakan manusia pada aktivitas fisik tertentu. Kajian biomekanika menjadi bagian yang sangat penting pada olahraga renang (Ferreira, Barbosa, Costa, Neiva, & Marinho, 2016) MI, Barbosa,

TM, Costa, MJ, Neiva, HP, and Marinho, DA. Energetics, biomechanics, and performance in masters' swimmers: a systematic review. *J Strength Cond Res* 30(7). Perkembangan model pendekatan biomekanika memberikan model evaluasi yang komprehensif untuk mencari teknik gerak yang efisien (Barbosa et al., 2010) energetic and biomechanics in competitive swimming. Throughout the manuscript some recent highlights are described: (i. Selain itu, biomekanika memberikan rekomendasi gerakan yang aman, sehingga bisa menghindari dari cedera saat berenang (Vasiliadis, Kalitsis, Biniaris, & Saridis, 2019).

Pada prinsipnya seorang perenang berupaya untuk memaksimalkan gaya dorong dan meminimalisir gaya hambat untuk bergerak lebih cepat (Toussaint & Beek, 1992). Gaya dorong ini merupakan hasil dari pada upaya perenang untuk menggerakkan tangan, pinggul, dan kaki sehingga mampu bergerak kedepan (Scurati, Gatta, Michielon, & Cortesi, 2019). Teknik gerakan ini sangat berpengaruh pada catatan waktu seorang perenang (Ferreira et al., 2015) TP 2, and TP 3. Sehingga, teknik yang efisien dan dilakukan secara konstan akan mendukung pencapaian atlet yang lebih baik (Costa et al., 2012) energetic and biomechanical profiles of international (Int. Analisis biomekanika juga bisa diterapkan sebagai monitor perkembangan dan model teknik dari setiap perenang (Dormehl, Robertson, & Williams, 2016). Hal ini diperlukan karena faktor teknik memberikan kontribusi yang lebih dominan dari pada faktor antropometri dan fisiologi atlet (Lätt et al., 2010) anthropometrical and physiological parameters in male adolescent swimmers. Twenty five male swimmers (mean  $\pm$  SD: age  $15.2 \pm 1.9$  years; height  $1.76 \pm 0.09$  m; body mass  $63.3 \pm 10.9$  kg).

Akan tetapi, nampaknya beberapa pendekatan *scientific* yang berlaku di Indonesia masih difokuskan pada kemampuan fisik yang didasari pada dasar anatomis dan fisiologis saja. Sehingga masih sedikit pendekatan biomekanika yang diberikan pada analisis penampilan atlet renang di Indonesia. Penelitian ini menggunakan pendekatan biomekanika

yang bertujuan untuk mengidentifikasi gerakan yang efektif pada gaya dada nomor 100 meter gaya dada putra pada kelompok umur 3 dengan memperhatikan *stroke frequency* (SF), *stroke rate* (SR), dan *distance per stroke* (DPS) terhadap *swimming velocity*. Pada penelitian ini, akan dibagi menjadi 8 zona pengukuran (tabel 2) yang akan memberikan rincian secara mendetail terhadap tiga variabel bebas tersebut. Sehingga hasil dari penelitian diharapkan mampu menjadi rujukan tambahan bagi pelatih atau atlet untuk menyusun program latihan dan strategi pertandingan agar memperoleh waktu yang tercepat.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode *comparative research* yang membandingkan hasil analisis biomekanika dari empat kelompok. Sebanyak 70 atlet berusia 12-13 tahun turun pada perlombaan renang nomor 100 gaya dada putra kelompok umur 3. Kemudian dibagi menjadi 4 kelompok berdasarkan kuartil catatan waktu pada Kejuaraan Renang Jatim Open 2019 (Tabel 1). Data diambil dengan menggunakan kamera Canon 80D dan lensa Canon 18-135 STM yang mempunyai sensor 24.2 MP APS-C CMOS, resolusi video full HD dan 50 *frame per second* (fps). Selanjutnya hasil video dianalisis dengan menggunakan *software* komputer Kinovea 0.8.15.

Analisis biomekanika yang dilakukan meliputi analisis *swimming velocity* (SV), *stroke frequency* (SF), *stroke rate* (SR), dan *distance per stroke* (DPS). *Swimming velocity* adalah kecepatan rata-rata atlet pada masing-masing zona. Sehingga untuk mendapatkan nilai *swimming velocity* bisa dihitung dengan menggunakan rumus jarak zona (meter) dibagi dengan waktu tempuh atlet (detik) untuk menyelesaikan zona tersebut. *swimming velocity* dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya adalah *stroke* atau kayuhan (Toussaint & Beek, 1992) yang pada penelitian ini dijabarkan menjadi *stroke frequency* (SF), *stroke rate* (SR), dan *distance per*

**Tabel 1.** Kelompok sampel penelitian

Kelompok	Jumlah	Waktu Rata-Rata	SD	Waktu Terbaik
Kuartil 1 (K1)	17	01.20.09	4.52	01.08.21
Kuartil 2 (K2)	18	01.27.99	3.42	01.15.31
Kuartil 3 (K3)	18	01.34.02	2.45	01.30.96
Kuartil 4 (K4)	17	01.45.04	4.76	01.39.96

*stroke* (DPS). *Stroke Frequency* (SF) adalah jumlah satu rangkaian gerakan gaya dada yang dimulai dari gerakan tangan, nafas dan kaki. Jumlah stroke dihitung dengan memperhatikan masing-masing zona. *Stroke rate* (SR) adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali stroke. Hal ini bisa dihitung dengan membagi jumlah stroke pada zona tertentu dengan catatan waktu. Akan tetapi penghitungan *stroke rate* harus dilakukan tanpa *under water duration* atau durasi atlet sesaat setelah awalan dan pembalikan. *Distance per stroke* (DPS) adalah jarak yang ditempuh untuk satu kali stroke. Catatan waktu atlet sangat dipengaruhi oleh kecepatan, power, frekuensi *stroke* dan efisiensi *stroke* (Ribeiro et al., 2017) *energetic and coordinative factors throughout extreme intensity swim. Sixteen swimmers (eight high- and eight low-speed*. Pada atlet internasional, efisiensi *stroke rate* (SR) mampu memberikan kontribusi 1.21 detik lebih cepat dari catatan waktu awal (Costa et al., 2013) and the *stroke frequency* (SF).

Analisis biomekanika ini dilakukan pada nomor lomba 100 meter gaya dada yang dibagi menjadi 8 zona pengamatan pada masing-masing lintasan (Tabel 2). Selanjutnya data dari masing-masing zona dianalisis diuji normalitas dan diuji beda dengan menggunakan *One Way Anova* pada *software* komputer SPSS 20.0. *Post-Hoc multiple comparison* akan dilakukan jika ditemukan signifikan pada hasil analisis *One Way Anova*. Adapun jenis *Post-Hoc multiple comparison* adalah Tukey HSD, Scheffe, dan Bonferroni.

## RESULTS AND DISCUSSION

Ada lebih dari 2.240 data yang terdiri dari 4 variabel dan diambil dari 70 atlet pada setiap zona. Berdasarkan hasil uji normalitas yang dilakukan dengan metode Kolmogorov-Smirnov, data yang mempunyai nilai signifi-

fikan lebih dari 0.05 adalah data yang mempunyai distribusi normal (Tabel 3). Sehingga hanya *Distance per Stroke* (DPS) pada zona 1 yang tidak mempunyai distribusi normal. Sehingga data yang berdistribusi normal akan dilanjutkan untuk di uji beda dengan menggunakan *one way anova*.

### Stroke Frequency (SF)

K1 mempunyai efisiensi yang baik pada *stroke frequency* (SF) gaya dada. Sehingga secara rata-rata k1 melakukan lebih sedikit *stroke frequency* (SF) untuk menempuh jarak tertentu. Sebaliknya, k4 melakukan paling banyak *stroke frequency* (SF) dibandingkan dengan kelompok lainnya pada hampir setiap zona. Hasil uji beda *One Way Anova* juga membuktikan bahwa ditemukan perbedaan signifikan pada *stroke frequency* (SF) di zona 1 (0.000), zona 3 (0.003), zona 4 (0.001), zona 5 (0.000), zona 6 (0.19), dan zona 7 (0.026). Kemudian berdasarkan uji *Post-Hoc multiple comparison*, ditemukan perbedaan signifikan (sig.<0.05) pada zona 1 (K1=3.75 dan K2=4.63; K1=3.75 dan K3=5.56; K1=3.75 dan K4=6.18; K2=4.63 dan K3=5.56; K2=4.63 dan K4=6.18; K3=5.56 dan K4=6.18), zona 3 (K1=6.31 dan K3=7.44; K1=6.31 dan K4=7.41), zona 4 (K1=8.63 dan K3=9.94; K1=8.63 dan K4=10.41), dan 5 (K1=6.75 dan K3=8.61; K1=6.75 dan K4=9.00), zona 6 (K1=7.06 dan K4=8.05), dan zona 7 (K1=7.38 dan K4=8.17).

Maka jika dilihat dari masing-masing kelompok, K1 melakukan *stroke frequency* (SF) paling sedikit dibandingkan dengan kelompok yang lainnya. Tetapi justru K1 memperoleh catatan waktu terbaik. Sebaliknya, K4 melakukan *stroke frequency* (SF) paling banyak dibandingkan dengan kelompok yang lainnya dengan catatan waktu paling jelek dibandingkan kelompok lainnya. Sebagai contoh, K1 hanya membutuhkan rata-rata 6.75 kali stroke untuk bisa menyelesaikan jarak 15 meter pada zona

**Tabel 2.** Pembagian zona pengukuran

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8
Jarak (meter)	15	10	10	15	15	10	10	15
Lintasan Ke-	0-15	15-25	25-35	35-50	50-65	65-75	75-85	85-100

**Tabel 3.** Uji normalitas Data

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8
<i>Stroke Frequency</i> (SF)	0.24	0.35	0.72	0.47	0.51	0.45	0.82	0.61
<i>Stroke Rate</i> (SR)	0.06	0.15	0.18	0.22	0.08	0.12	0.10	0.24
<i>Distance per Stroke</i> (DPS)	0.00	0.29	0.34	0.13	0.49	0.08	0.10	0.15
<i>Swimming Velocity</i> (SV)	0.64	0.31	0.68	0.47	0.71	0.52	0.67	0.72

5. Sedangkan K2, K3 dan K4 masing-masing membutuhkan *stroke frequency* (SF) sebanyak 7.74, 8.61, dan 9.00 kali untuk menyelesaikan jarak yang sama. Kemudian yang menarik adalah pada zona 8 atau 15 meter terakhir sebelum finis, kelompok K2, K3, dan K4 menambah *stroke frequency* (SF) hingga 1.31 stroke lebih cepat dibandingkan jumlah *stroke frequency* (SF) di zona 4 yang mempunyai panjang lintasan dan karakteristik yang sama. Tetapi jumlah *stroke frequency* (SF) pada kelompok K1 justru menurun dari 8.63 SF di zona 4 menjadi 7.89 di zona 8. Hal ini menunjukkan bahwa K1 lebih mengoptimalkan gaya dorong ketika di dalam air dari pada menambah jumlah SF seperti yang dilakukan oleh kelompok lainnya.

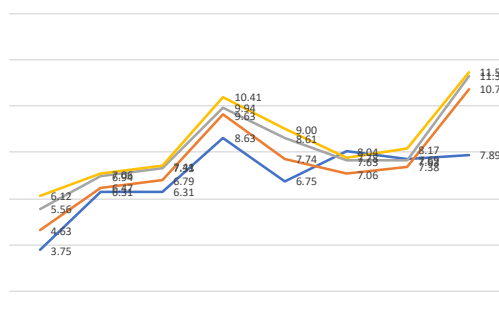


Figure 1. Hasil rata-rata *stroke frequency* (SF) pada setiap kelompok pada 8 zona

**Stroke Rate**

Kelompok 1 mempunyai efisiensi yang baik pada *stroke rate* (SR) gaya dada. Sehingga secara rata-rata kelompok 1 memerlukan waktu lebih sedikit untuk melakukan 1 kali stroke. Sebaliknya, kelompok 4 memerlukan waktu paling lama untuk melakukan 1 stroke dibandingkan dengan kelompok lainnya pada hampir setiap zona. Hasil uji beda *One Way Anova* juga membuktikan bahwa ditemukan perbedaan signifikan pada *stroke rate* (SR) di zona 1 (0.019, zona 6 (0.023), zona 7 (0.021), dan zona 8 (0.08). Kemudian berdasarkan uji *Post-Hoc multiple comparison*, ditemukan perbedaan yang signifikan pada zona 1 (K1=1.024 dan K4=1.167), zona 6 (K1=1.237 dan K4=1.425), zona 7 (K1=1.237 dan K4=1.483; K2=1.232 dan K4=1.483), zona 8 (K1=1.204 dan K3=1.2734; K1=1.204 dan K4=1.483). Hal ini membuktikan bahwa *stroke rate* (SR) sangat berpotensi mempengaruhi catatan waktu seorang atlet.

Secara sederhana, *stroke rate* (SR) yang lebih cepat akan memberikan catatan waktu

yang lebih baik bagi seorang atlet. Tentunya dengan asumsi catatan waktu underwater dan jarak yang dihasilkan oleh masing-masing stroke sama. Adapun rinciannya adalah sebagai berikut: seorang membutuhkan 60 *stroke frequency* (SF) untuk menempuh 100 meter. Jika pada penampilan pertama *stroke rate* (SR) atlet adalah 1.461 maka catatan waktu atlet adalah  $(60 \times 1.461) + \text{durasi underwater (DU)} + \text{durasi pembalikan (DP)} = 87.66 + \text{DU} + \text{DP}$ . Hal ini tentunya bisa diperbaiki jika *stroke rate* (SR) atlet bisa ditingkatkan menjadi 1.257, sehingga catatan waktu atlet adalah  $(60 \times 1.257) + \text{durasi underwater (DU)} + \text{durasi pembalikan (DP)} = 75.42 + \text{DU} + \text{DP}$ . Dengan asumsi diatas maka atlet akan mampu mempersingkat catatan waktu sebanyak 12.42 detik. Pada penelitian ini, K2, K3 dan K4 tidak hanya mempunyai *stroke rate* (SR) yang lebih lambat dibandingkan dengan K1, tetapi juga *stroke frequency* (SF) dari ketiga kelompok tersebut lebih banyak dari K1.

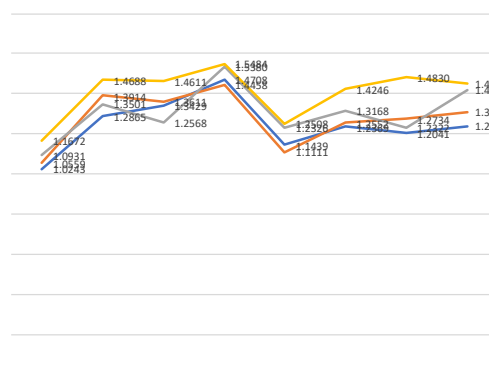


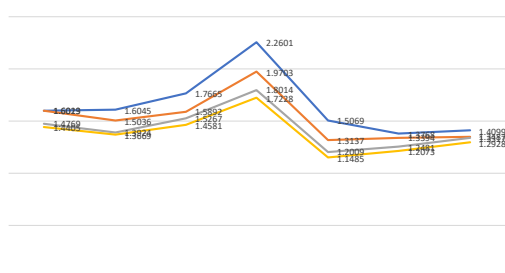
Figure 2. Hasil rata-rata *stroke rate* (SR) pada setiap kelompok pada 8 zona

**Distance Per Stroke (DPS)**

Kelompok 1 mempunyai efisiensi yang baik pada *Distance Per Stroke* (DPS) gaya dada. Sehingga secara rata-rata kelompok 1 menempuh jarak lebih jauh untuk 1 kali *stroke* dari pada kelompok lainnya. Sebaliknya, kelompok 4 menghasilkan jarak paling sedikit untuk 1 kali *stroke* dibandingkan dengan kelompok yang lainnya. Hasil uji beda *One Way Anova* pada *Distance Per Stroke* (DPS) juga membuktikan bahwa ditemukan perbedaan signifikan pada *Distance Per Stroke* (DPS) di zona 1 (0.000), zona 3 (0.003), zona 4 (0.000), zona 5 (0.000), zona 6 (0.00), dan zona 7 (0.018). Kemudian berdasarkan uji *Post-Hoc multiple comparison* ditemukan perbedaan signifikan pada zona 3 (K1=1.6045 dan K3=1.3924; K1=1.6045 dan



K4=1.3669), zona 4 (K1=1.7665 dan K3=1.5267; K1=1.7665 dan K4=1.4581), zona 5 (K1=2.2601 dan K2=1.9703; K1=2.2601 dan K3=1.8014; K1=2.2601 dan K4=1.7228; K3=1.8014 dan K4=1.7228), zona 6 (K1=1.5069 dan K2=1.3137; K1=1.5069 dan K3=1.2009; K1=1.5069 dan K4=1.1485), dan zona 7 (K1=1.3768 dan K4=1.2073). Hal ini sebenarnya membuktikan bahwa jika jarak *Distance Per Stroke* (DPS) lebih jauh, maka akan diperlukan lebih sedikit *stroke frequency* (SF) untuk menempuh jarak 100 meter. Sebaliknya jika *Distance Per Stroke* (DPS) lebih dekat, maka akan diperlukan lebih banyak *stroke frequency* (SF) untuk menempuh jarak 100 meter.



**Figure 3.** Hasil rata-rata *Distance Per Stroke* (DPS) pada setiap kelompok pada 8 zona

Sebagai contoh, seorang atlet mempunyai *Distance Per Stroke* (DPS) 1.7228 meter. Sehingga untuk mencapai untuk menempuh 100 meter maka atlet tersebut membutuhkan *stroke frequency* (SF) dan waktu = 100 meter : 1.7228 meter x *stroke rate* (SR) = 58SR. Artinya atlet tersebut harus melakukan 58 SF supaya mampu menempuh jarak 100 meter, sedangkan catatan waktunya merupakan hasil perkalian dari 58 SF dengan durasi per *stroke rate* (SR) atlet tersebut. Kemudian bandingkan dengan seorang atlet yang mempunyai *Distance Per Stroke* (DPS) 2.2601 meter. Sehingga untuk mencapai untuk menempuh 100 meter maka atlet tersebut membutuhkan *stroke frequency* (SF) dan waktu = 100 meter : 2.2601 meter x *stroke rate* (SR) = 44SR. Maka atlet tersebut hanya membutuhkan setidaknya 44 kali *stroke* untuk menempuh jarak 100 meter, sedangkan catatan waktunya merupakan hasil perkalian dari 44 SF dengan durasi per *stroke rate* (SR) atlet tersebut. Sehingga atlet dengan *Distance Per Stroke* (DPS) lebih jauh akan mempunyai catatan waktu yang lebih baik dengan syarat mampu menjaga konsistensi *stroke rate* (SR). Hal ini menjelaskan fenomena yang terjadi pada penelitian ini khususnya pada zona 5, dimana atlet K2, K3,

dan K4 harus berupaya lebih keras untuk menambah *stroke frequency* (SF) agar bisa menempuh jarak 100 meter.

### Swimming Velocity (SV)

Kelompok 1 mempunyai efisiensi yang baik pada kecepatan gaya dada. Sehingga secara rata-rata kelompok 1 mampu berenang lebih cepat pada setiap zona. Sebaliknya, kelompok 4 berenang dengan kecepatan terendah dibandingkan dengan kelompok lainnya pada hampir setiap zona. Hasil uji beda One Way Anova juga membuktikan bahwa ditemukan perbedaan signifikan pada kecepatan di zona 1 (0.000), zona 2 (0.000), zona 4 (0.000), zona 5 (0.000), zona 6 (0.00), dan zona 8 (0.000). Kemudian berdasarkan uji *Post-Hoc multiple comparison*, maka ditemukan perbedaan signifikan pada zona 1 (K1=1.6318 dan K2=1.5165; K1=1.6318 dan K3=1.4208; K1=1.6318 dan K4=1.2542; K2=1.5165 dan K3=1.4208; K2=1.5165 dan K4=1.2542; K3=1.4208 dan K4=1.2542), zona 2 (K1=1.2482 dan K3=1.0985; K1=1.2482 dan K4=0.9818; K2=1.1569 dan K3; K2=1.1569 dan K4=0.9818), zona 6 (K1=1.1633 dan K3=0.9959; K1=1.1633 dan K4=0.8701; K2=1.0686 dan K3=0.9959; K2=1.0686 dan K4=0.8701), zona 4 (K1=1.2013 dan K3=1.0008; K1=1.2013 dan K4=0.9435; K2=1.0994 dan K3=1.0008; K2=1.0994 dan K4=0.9435), zona 5 (K1=1.2528 dan K3=1.0759; K1=1.2528 dan K4=1.0196; K2=1.1592 dan K4=1.0196; K3=1.0759 dan K4=1.0196), dan zona 8 (K1=1.1386 dan K4=0.8918; K2=1.0332 dan K3=0.9497; K3=0.9497 dan K4=0.8918).

Hal ini sebenarnya bisa diprediksikan dengan menghitung kecepatan rata-rata masing-masing atlet berdasarkan catatan waktu resmi dari panitia perlombaan dan jarak 100 meter. Tetapi analisis kecepatan pada masing-masing zona memberikan gambaran secara detail terkait dengan tren kecepatan atlet masing-masing kelompok utamanya pada zona 2, zona 3, zona 4, zona 6, zona 7 dan zona 8 yang murni dari kecepatan atlet tanpa ada faktor lain seperti awalan pada zona 1 dan pembalikan pada zona 5. Analisis kecepatan K4 misalnya, kecepatan pada setiap zona cenderung turun secara signifikan. Tetapi naik pada zona 8 atau 15 meter menjelang finis. Hal ini berbeda dengan kelompok K2 dan K3 yang menambah kecepatannya pada Zona 7 dan mencoba mempertahankannya di zona 8. Sedangkan pada kelompok K1, kecepatan relatif stabil dan berangsur turun tanpa ada kenaikan signifikan pada 6 zona pengamatan. Hal ini sangat mung-

kin dipengaruhi oleh teknik dan System energi oleh masing-masing atlet.

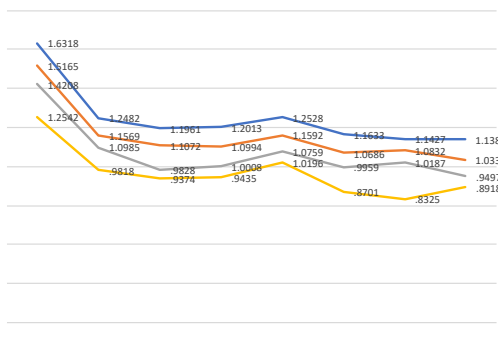


Figure 4. Hasil rata-rata *velovoty* pada setiap kelompok pada 8 zona

**Discussion**

Berdasarkan hasil analisis data *one way* Anova seperti yang tertera pada tabel 4, maka dapat dilihat beberapa perbedaan signifikan lebih dari sama dengan 2 pada masing-masing variabel bebas di 8 zona pengamatan. Sehingga hanya pada zona 2 dan zona 8 yang tidak ditemukan perbedaan perbedaan signifikan pada variabel bebas. Hal ini mengindikasikan bahwa setiap kelompok mempunyai masing-masing pola pada ketiga variabel bebas yang mempengaruhi *swimming velocity* (SV) dan catatan waktu. Namun dari ketiga varibel bebas yang diamati, munculah *Stroke Frequency* (SF) dan *Distance per Stroke* (DPS) yang memiliki perbedaan signifikan pada 6 zona pengamatan. Jumlah stroke dan jarak yang dihasilkan pada setiap stroke nampaknya mempengaruhi kecepatan seorang perenang (Ferreira et al., 2015)TP 2, and TP 3. Jika dilihat lebih jauh, maka terlihat pola dominan dari semua variabel bebas yang ditunjukkan oleh kelompok 1 yang memiliki catatan waktu tercepat di quartil 1. Secara konsisten, kelompok 1 memiliki *Distance Per Stroke* (DPS) yang lebih tinggi dari kelompok lainnya dan sebaliknya kelompok 1 memiliki *stroke frequensi* (SV) yang paling sedikit dari ketiga kelompok lainnya. Konsistensi dan efektifitas stroke yang dilakukan oleh

kelompok 1 memberikan dampak positif pada *swimming velocity* (SV) (Costa et al., 2012)energetic and biomechanical profiles of international (Int.

*Swimming velocity* (SV) atau kecepatan berenang yang merupakan variabel terikat pada penelitian ini menunjukkan perbedaan signifikan paling banyak dibandingkan dengan variabel lainnya. Hal ini tentunya menarik untuk cermati, karena kecepatan merupakan indikator utama keberhasilan seorang atlet (Wolfrum, Rüst, Rosemann, Lepers, & Knechtle, 2014). Kecepatan yang diukur dari catatan waktu seorang atlet diharapkan untuk selalu meningkat. Peningkatan catatan waktu ini akan mempengaruhi capaian prestasi seorang atlet (Wild, Rüst, Rosemann, & Knechtle, 2014). Untuk itu, meningkatkan gaya dorong dan mengurangi gaya hambat yang dapat dilihat dari *distance per stroke* (DPS) menjadi kunci penting dalam upaya peningkatan catatan waktu (Toussaint & Beek, 1992). Secara sederhana, gerakan *stroke* pada gaya dada yang baik tidak harus dilakukan dengan frekuensi yang tinggi, tetapi harus juga dengan efektifitas hasil dorongan (Scurati, Gatta, Michielon, & Cortesi, 2019).

**CONCLUSIONS**

Secara singkat, atlet pada kelompok 1 memiliki *stroke frequency* (SF) yang sedikit tetapi *distance per stroke* (DPS) paling jauh dengan durasi waktu satu kayuhan yang paling singkat *stroke rate* (SR). Sebaliknya atlet pada kelompok 4 melakukan *stroke frequency* (SF) yang banyak tetapi tidak menghasilkan *distance per stroke* (DPS) jauh. Hal ini diperburuk dengan durasi waktu yang diperlukan untuk satu stroke yang lebih lama dari pada kelompok 1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *Swimming velocity* (SV) akan sangat dipengaruhi oleh daya dorong dan durasi waktu yang diperlukan untuk setiap stroke. Dengan kata lain atlet diharapkan mampu mempunyai dorongan yang jauh dengan durasi waktu dorongan yang cepat. Sehingga perlu dikaji secara mendalam terkait teknik yang dilakukan oleh atlet (Barbosa et

Tabel 4. Hasil Uji One Way Anova

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8
<i>Stroke Frequency</i> (SF)	0.000	-----	0.003	0.001	0.000	0.019	0.026	-----
<i>Stroke Rate</i> (SR)	0.019	-----	-----	-----	-----	0.023	0.021	-----
<i>Distance per Stroke</i> (DPS)	0.000	-----	0.003	0.000	0.000	0.000	0.018	-----
<i>Swimming Velocity</i> (SV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-----	0.000

al., 2010)energetic and biomechanics in competitive swimming. Throughout the manuscript some recent highlights are described: (i untuk selanjutnya diberikan rekomendasi dan monitoring melalui analisis biomekanika yang lebih mendalam (Dormehl, Robertson, & Williams, 2016). Kemudian perlu juga diperhatikan kemampuan fisiologis atlet agar bisa mendukung tercapainya dorongan yang maksimal dengan waktu yang singkat saat melakukan stroket (Lätt et al., 2010)anthropometrical and physiological parameters in male adolescent swimmers. Twenty five male swimmers (mean  $\pm$  SD: age  $15.2 \pm 1.9$  years; height  $1.76 \pm 0.09$  m; body mass  $63.3 \pm 10.9$  kg.

## REFERENCES

- Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. (2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.01.003>
- Costa, M. J., Bragada, J. A., Marinho, D. A., Lopes, V. P., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2013). Longitudinal study in male swimmers: A hierarchical modeling of energetics and biomechanical contributions for performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(4), 614–622.
- Costa, M. J., Bragada, J. A., Mejias, J. E., Louro, H., Marinho, D. A., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2012). Tracking the performance, energetics and biomechanics of international versus national level swimmers during a competitive season. *European Journal of Applied Physiology*, 112(3), 811–820. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2037-6>
- Dormehl, S. J., Robertson, S. J., & Williams, C. A. (2016). Modelling the Progression of Male Swimmers' Performances through Adolescence. *Sports (Basel, Switzerland)*, 4(1). <https://doi.org/10.3390/sports4010002>
- Ferreira, M. I., Barbosa, T. M., Costa, M. J., Neiva, H. P., & Marinho, D. A. (2016). Energetics, Biomechanics, and Performance in Masters' Swimmers: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 2069–2081. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001279>
- Ferreira, M. I., Barbosa, T. M., Neiva, H. P., Marta, C. C., Costa, M. J., & Marinho, D. A. (2015). Effect of Gender, Energetics, and Biomechanics on Swimming Masters Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1948–1955. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000848>
- Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Lätt, E., Purge, P., Leppik, A., & Jürimäe, T. (2007). Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 19(1), 70–81. <https://doi.org/10.1123/pes.19.1.70>
- Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., ... Jürimäe, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(3), 398–404.
- Ribeiro, J., Figueiredo, P., Morais, S., Alves, F., Toussaint, H., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2017). Biomechanics, energetics and coordination during extreme swimming intensity: effect of performance level. *Journal of Sports Sciences*, 35(16), 1614–1621. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1227079>
- Scurati, R., Gatta, G., Michielon, G., & Cortesi, M. (2019). Techniques and considerations for monitoring swimmers' passive drag. *Journal of Sports Sciences*, 37(10), 1168–1180. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1547099>
- Toussaint, H. M., & Beek, P. J. (1992). Biomechanics of Competitive Front Crawl Swimming. *Sports Medicine: An International Journal of Applied Medicine and Science in Sport and Exercise*, 13(1), 8–24. <https://doi.org/10.2165/00007256-199213010-00002>
- Vasiliadis, A. V., Kalitsis, C., Biniaris, G., & Saridis, A. (2019). Anterior Shoulder Dislocation during Breaststroke Swimming Technique: A Case Report and Review of the Literature. *Case Reports in Orthopedics*, 2019, 9320569. <https://doi.org/10.1155/2019/9320569>
- Wild, S., Rüst, C. A., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2014). Changes in sex difference in swimming speed in finalists at FINA World Championships and the Olympic Games from 1992 to 2013. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/2052-1847-6-25>
- Wolfrum, M., Rüst, C. A., Rosemann, T., Lepers, R., & Knechtle, B. (2014). Changes in breaststroke swimming performances in national and international athletes competing between 1994 and 2011—a comparison with freestyle swimming performances. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/2052-1847-6-18>