

PENGOPTIMUMAN ANALISIS BIOMEKANIK TERHADAP PEMAIN BOLA SEPAK MENGUNAKAN KAEDAH TINDAK BALAS PERMUKAAN

MOHD FIRDAUS MAHAMAD ALI *

AHMAD RASDAN ISMAIL **

NADZIFAH YAAKUB ***

MAHAMAD ALI ABD RAHMAN ****

Abstrak

Bola sepak merupakan suatu permainan yang digemari di seluruh dunia dan sukan ini merupakan sukan nombor satu di dunia begitu juga di Malaysia. Walaupun bola sepak di negara kita menuju era profesional, prestasinya adalah di tahap rendah dan tidak dapat dibanggakan. Setelah dikaji, pemain bola sepak negara masih lemah dari segi teknik tendangan. Teknik tendangan yang berkualiti dalam permainan bola sepak merupakan aspek terpenting dalam menghasilkan jaringan dan juga hantaran. Teknik tendangan kekura kaki merupakan teknik tendangan yang kerap kali digunakan dalam sukan bola sepak bagi tujuan hantaran pendek dan tepat serta ketika melakukan jaringan. Kajian ini dijalankan bagi mendapatkan nilai pengoptimuman bagi arah sudut larian dan jarak kaki sokongan daripada bola serta tekanan dalaman bola terhadap halaju sudut pada bahagian kaki yang menendang. Seramai enam orang subjek menggunakan kaki dominan kanan dan bebas daripada sebarang kecederaan dari pelbagai kategori telah dipilih sebagai subjek dalam kajian ini. Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil gambar video 3 dimensi yang difokuskan pada bahagian bawah badan iaitu dari paras pinggang ke buku lali. Untuk tujuan ini, penanda akan dilekatkan pada bahagian bawah badan sebelum tendangan dilakukan oleh subjek. Analisis data telah dilakukan dengan menggunakan perisian 3 Dimensi Qualisys Track Manager. Bagi analisis statistik, perisian Minitab dengan menggunakan kaedah tindak balas permukaan melalui rekabentuk Box-Behnken telah digunakan. Hasil daripada kajian ini, didapati pengotimuman bagi ketiga-tiga parameter iaitu arah sudut larian adalah sebanyak 53.6° , jarak kaki sokongan sebanyak 8.84sm dan tekanan bola sebanyak 0.9bar dengan halaju sudut lutut sebanyak 779.27 darjah/saat telah terhasil. Persamaan model matematik bagi pengaruh setiap faktor tendangan terhadap halaju sudut pada bahagian kaki yang menendang telah ditentukan.

Kata Kunci: Biomekanik, Tendangan, Bola Sepak, Teknik, Pengoptimuman

* Pensyarah di Fakulti Teknologi Kreatif & Warisan, Universiti Malaysia Kelantan, Kelantan.

** Professor Madya di Fakulti Teknologi Kreatif & Warisan, Universiti Malaysia Kelantan, Kelantan

*** Pensyarah Kanan di Fakulti Biosumber dan Industri Makanan, Universiti Sultan Zainal Abidin, Terengganu

**** Pensyarah di Institut Pendidikan Guru Kampus Tuanku Bainun, Mengkuang, Bukit Mertajam, Pulau Pinang



Abstract

Soccer is a very popular sport throughout the world and it is a number one sport in the world as well as in Malaysia. Although soccer in Malaysia is moving towards the professional era, its performance is still at the low level and unable to be proud of. After some research, the national soccer players are still weak in terms of kicking techniques. The quality of kicking technique in a soccer game is the most important aspect in passing and also scoring. The instep kick is a technique which is often used in soccer for the purpose of short and accurate passes while making scorings. This study was conducted to determine the optimization value for the angle of kicking, distance of supporting legs from the ball as well as the internal pressure of the ball towards the angular velocity on the parts of the kicking legs. A total of six subjects with dominant right foot and free of any injuries of various categories were chosen in this study. Data collection was done by taking 3-dimensional video images that focused on the bottom of the body from the waist to the ankle. For this purpose, the marker was attached to the bottom of the body before the kick is made by the subject. Data analysis was performed by using 3-D software, Qualisys Track Manager. For statistical analysis, Minitab software using Response Surface Method through Box-Behnken design was used. The results of this study found that the optimization values for the ball of 8.84sm and internal ball pressure of 0.9 bar with knee angular velocity of 779.27 degrees/sec have been produced. Equations of mathematical models for the effect of each kicking legs are consequently determined.

Keywords: Biomechanic, Kicking, Soccer, Technique, Optimization

-
- * Lecturer at Faculty of Creative Technology and Heritage, University Malaysia Kelantan, Kelantan.
 - ** Associate Professor at Faculty of Creative Technology and Heritage, University Malaysia Kelantan, Kelantan.
 - *** Senior Lecturer at Faculty of Biosource and Food Industry, University Sultan Zainal Abidin, Terengganu
 - **** Lecturer at Teacher Training Institute Campus Tuanku Bainun, Mengkuang, Bukit Mertajam, Pulau Pinang



1.0 Pengenalan

Menendang dengan teknik tertentu adalah elemen yang paling kritikal di dalam permainan bola sepak dan telah menerima perhatian yang cukup besar dalam kajian biomekanik (Sterzing et al. 1999). Tendangan kekura kaki merupakan elemen asas dan banyak dikaji dalam permainan bola sepak (Lees dan Nolan 1998 ; Nunome et al., 2006, Apriantono et al., 2006). Tendangan kekura kaki adalah tendangan yang paling banyak digunakan dalam sukan bola sepak. Tendangan kekura kaki banyak dikaji oleh penyelidik luar dari peringkat remaja sehinggalah peringkat professional (Barfield, 1997; Sinclair et al 2014).

Analisis biomekanik merupakan kajian ke atas daya dan kesan daya tersebut pada tubuh badan manusia. Apabila daya dikenakan kepada tubuh badan manusia, maka, bidang biomekanik ini boleh digunakan untuk menganalisa dan mengenalpasti sebab dan kesannya. Secara terperinci maksud biomekanik boleh dipecahkan kepada dua iaitu bio dan mekanik. Perkataan Bio membawa maksud kehidupan atau sistem biologi. Bagi perkataan Mekanik pula ia membawa maksud kajian atau analisa terhadap daya dan kesannya. Biomekanik juga boleh didefinisikan sebagai kajian atau aplikasi bagi prinsip mekanik dalam kehidupan yang membawa kaedah kejuruteraan (Ginnis, 2005).

Kebanyakan kajian tentang tendangan kekura kaki telah dibuat menggunakan analisis biomekanik secara 2 dimensi dan tiga dimensi (Barfield et al., 2002; Isokawa and Lees, 1988; Lees dan Nolan, 2002; Lees et al., 2005; Levanon and Dapena, 1998; Shan and Westerhoff, 2005). Hanya sebilangan kajian secara tiga dimensi difokuskan kepada tendangan kekura kaki (Browder et al., 1991; Prassas et al., 1990). Analisis tiga dimensi merupakan suatu kaedah yang lebih kompleks dari segi prosedurnya jika dibandingkan dengan analisis secara dua dimensi. Analisis tiga dimensi berupaya memperlihatkan keseluruhan pergerakan tubuh badan dan secara lebih realiti dengan pergerakan yang dikaji. Analisis secara tiga dimensi membenarkan sudut antara segmen boleh dikira secara tepat dan pengiraan sudut-sudut lain yang sukar dilihat dari satu kamera.

Kaedah tindak balas permukaan merupakan satu pendekatan model empirik bagi menentukan hubungan antara pelbagai parameter dengan pelbagai kriteria yang diingini dan mencari kepentingan parameter tersebut. Satu persamaan matematik terbaik akan dibentuk bagi mewakili hubungan di antara pembolehubah tidak bersandar dengan pembolehubah bersandar (Montgomery, 1997). Selain itu, kaedah tindak balas permukaan juga merupakan gabungan sistem statistik dan kaedah matematik yang sangat berguna untuk pembangunan, pembaharuan dan pengoptimuman sesuatu proses yang mana melibatkan beberapa pembolehubah tidak bersandar dan satu pembolehubah bersandar (Bas dan Boyaci, 2007).



2.0 Kaedah Kajian

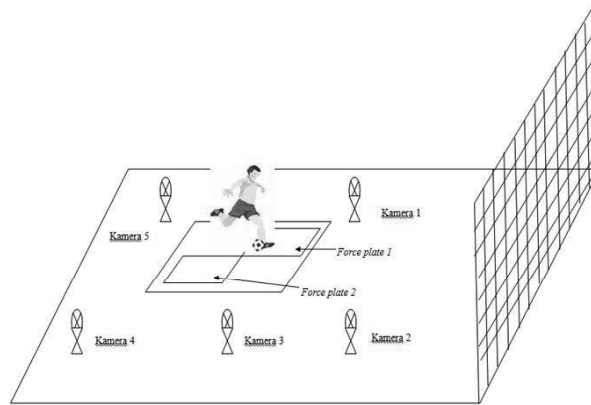
2.1 Subjek

Seramai enam orang pemain bola sepak yang menggunakan kaki dominan kanan dan terdiri daripada pelbagai kategori telah dipilih sebagai subjek dalam kajian ini. Pemain-pemain yang telah dipilih merupakan pemain bola sepak yang bebas dari sebarang kecederaan dan memenuhi saiz kaki purata lelaki Asia dan bermain di posisi yang merangkumi permainan bola sepak iaitu daripada posisi pertahanan, tengah dan penyerang. Ujian saringan kecederaan akan dilakukan ke atas subjek sebelum subjek melakukan ujikaji. Data anthropometri dan demografik subjek telah direkodkan

2.2 Reka bentuk kajian

Rajah 1 menunjukkan reka bentuk kajian yang telah dijalankan di dalam makmal biomekanik tertutup. Perisian 3 dimensi Qualisys yang mengandungi sebanyak lima buah kamera dan sebuah pelantar daya digunakan dalam kajian ini. Sebagai sasaran, sebuah jaring telah direntangkan yang berfungsi sebagai penyerap impak akibat daripada ujikaji tendangan yang dilakukan. Proses kalibrasi akan dilakukan sebelum subjek melakukan aktiviti tendangan ia bertujuan agar proses pengumpulan data dan rakaman pada bahagian bawah badan subjek dapat diperolehi dan dijalankan dengan baik. Subjek akan dilekatkan dengan penanda reflektif di bahagian bawah badan diri subjek. Dua penanda akan dilekatkan pada bola bagi mendapatkan halaju dan pergerakan bola tersebut semasa tendangan dilakukan. Subjek akan menendang bola yang berada dalam keadaan statik dengan menggunakan kaki dominan kanan. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil video secara 3 dimensi apabila tendangan dilakukan oleh subjek dengan menggunakan lima buah kamera berkelajuan tinggi yang mana kamera tersebut akan diletakkan di sekeliling tempat ujikaji. Pengambilan gambar dibuat pada subjek dari bahagian bawah badan iaitu dari paras pinggang ke bahagian lutut dan ke buku lali yang mana penanda akan dilekatkan pada bahagian tersebut. Perakaman video telah dilakukan dengan menggunakan kamera berfrekuensi 200Hz dengan masa perbingkai sebanyak 0.005s.





Rajah 1: Reka bentuk kajian

2.3 Proses Penentuan

Kesemua peralatan telah disusun atur secara baik dan telah melalui proses penentuan. Perakaman video telah dilakukan dengan menggunakan kamera berfrekuensi 200Hz dengan masa per bingkai sebanyak 0.005s. Proses ini penting bagi mendapatkan rakaman pergerakan yang optimum. Proses penentuan dilakukan sebelum subjek melakukan aktiviti tendangan. Ia bertujuan agar proses pengumpulan data dan rakaman pada bahagian bawah badan subjek dapat dijalankan dengan baik. Tatacara penggunaan sistem *Qualysis* ini dimulakan dengan menghidupkan bekalan kuasa elektrik bagi keseluruhan sistem dan sistem dibiarkan selama beberapa minit sehingga stabil. Kelima-lima kamera *Qualysis* dipastikan dapat menunjukkan paparan pada skrin komputer dan frekuensi setiap kamera ini dipastikan berada pada nilai 200Hz. Sebarang objek asing dialihkan bagi memastikan ujian berjalan dengan lancar. Pelantar daya pula dipastikan berfungsi dengan cara mengesan paparan daya dalam bentuk anak panah pada skrin komputer. Paparan pada skrin komputer juga dapat diubah-ubah; sama ada kepada 2D mahupun 3D dengan menekan butang pada bahagian kanan pada tetikus dan memilih jenis paparan yang dikehendaki. Paparan 2D lazimnya menunjukkan paparan daripada setiap kamera bermula daripada kamera nombor 1 hingga 5.

Bagi proses penentuan sistem ini pula, terdapat beberapa peralatan khas yang harus digunakan. Batang penentuan yang mana batang yang pertama adalah berbentuk 'L' dan ianya berfungsi sebagai penanda titik asalan bagi kawasan ujikaji. Batang penentukur yang kedua pula berbentuk 'T'. Ianya digunakan dengan menghayunkan batang ini di sekeliling batang penentukur yang pertama. Ia bertujuan untuk mengesan kawasan paparan ujikaji daripada pandangan setiap kamera. Proses ini bermula sebaik sahaja ikon mula ditekan pada komputer dan berakhir apabila mencapai kitaran 100%. Seterusnya, paparan pada komputer akan menunjukkan kalibrasi berjaya. Rajah 2 menunjukkan proses penentuan sistem ini yang dijalankan sebelum memulakan ujikaji.



Rajah 2: Proses penentuan sistem *Qualysis Track Manager*



2.4 Analisis

Bagi proses analisis, ianya terbahagi kepada 2 bahagian iaitu analisis data dan juga analisis statistik. Analisis data telah dilakukan dengan menggunakan perisian 3 Dimensi *Qualisys Track Manager*. Bagi analisis statistik, perisian *Minitab* dengan menggunakan kaedah tindak balas permukaan melalui rekabentuk *Box-Behnken* telah digunakan. Setiap bingkai perlu dianalisis pada bahagian bawah badan bermula dari subjek mula melakukan tendangan sehingga selesai.

3.0 Keputusan dan Perbincangan

Bagi permulaan analisis kaedah tindak balas permukaan, satu model tertib pertama telah dihasilkan dan dianalisis menggunakan perisian MINITAB. Model ini telah diolah untuk mendapatkan graf-graf permukaan 3D dan kontur yang dapat mewakili hubungan antara ketiga-tiga faktor pemboleh ubah dengan nilai halaju sudut bagi lutut. Sebelum model dihasilkan, satu rekabentuk ujikaji seperti Jadual 1 dibangunkan melalui perisian MINITAB.

Jadual 1: Susunan matriks rekabentuk ujikaji

No larian	Susunan rawak	Bentuk terkod			Arah sudut larian	Jarak kaki sokongan	Tekanan dalaman bola
		X_1	X_2	X_3	0	sm	bar
1	7	-	0	+	45	10	0.60
2	12	0	+	+	0	10	0.40
3	13	0	0	0	90	5	0.60
4	2	+	0	0	0	10	0.40
5	15	0	0	0	45	10	0.60
6	14	0	0	0	45	10	0.60
7	11	0	+	+	45	15	0.40
8	9	0	-	-	45	5	0.90
9	8	+	+	+	45	5	0.90
10	6	+	-	-	90	10	0.40



11	5	-	-	-	45	5	0.40
12	1	-	0	0	45	10	0.60
13	4	+	0	0	0	10	0.40
14	3	-	0	0	45	10	0.60
15	10	0	-	-	45	15	0.40

Jadual 1 menunjukkan 15 set data bagi seorang subjek kajian, rekabentuk kajian ini akan digunapakai bagi keenam-enam orang subjek tersebut. Maka, jumlah keseluruhan set data yang diperolehi bagi keseluruhan kajian ini adalah sebanyak 90 set.

3.1 Analisis Model Tertib Pertama

Jadual 2 menunjukkan anggaran pekali regresi yang dihasilkan bagi analisis model tertib pertama kajian.

Jadual 2: Anggaran pekali regresi bagi model tertib pertama

Sebutan	Pekali	Pekali SE	T	P
Pemalar	473.72	19.61	24.158	0
Sudut larian	96.43	26.85	3.591	0.001
Jarak kaki sokongan	-28.23	26.85	-1.051	0.296
Tekanan Bola	72.3	26.85	2.693	0.009
S= 186.033	R-Sq= 19.82%	R-Sq (adj)= 17.02%		

Daripada Jadual 2, didapati bahawa pekali nilai-P bagi arah sudut larian dan tekanan



dalam bola memberikan nilai lebih rendah daripada nilai 0.05. Manakala bagi jarak kaki sokongan dengan bola ia memberikan nilai lebih tinggi daripada nilai 0.05. Ini menunjukkan bahawa terdapat kesan yang signifikan di antara parameter tersebut dengan nilai halaju sudut bagi lutut di dalam analisis tertib pertama. Sementara itu, jika dilihat dari Jadual 2, pekali penentuan berbilang R², adalah sebanyak 0.1982 (19.82%). Nilai ini menandakan kekuatan model ramal yang dibina adalah rendah dan lemah. Memandangkan nilai R² adalah rendah dan lemah, maka model tersebut diragui kesahihannya untuk diterima pakai.

Analisis varian telah dijalankan bagi menentukan sejauh mana tahap ketepatan model itu. Jadual 3 menunjukkan analisis varian bagi model tertib pertama. Memandangkan tahap keyakinan yang digunakan dalam kajian ini adalah 95%, maka model yang mempunyai nilai-P kurang dari 0.05 adalah boleh dianggap sebagai model yang signifikan. Daripada Jadual 3 ini, nilai-P untuk regresi dan linear memberikan nilai 0.000 (<0.05). Iaitu nilai regresi dan linear memberikan nilai yang signifikan bagi model yang telah dibina. Walaubagaimanapun, berlainan pula nilai-P untuk kurang padan iaitu, 0.000, ini menandakan bahawa model tersebut mempunyai nilai ralat kurang padan yang tinggi. Dalam erti kata lain, model ini akan menghasilkan nilai halaju sudut bagi lutut yang kurang tepat kerana mempunyai nilai ralat yang tinggi. Oleh itu, analisis akan diteruskan dengan pembangunan model tertib kedua.

Jadual 3: Analisis varian bagi model tertib pertama

Punca	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regresi	3	735498	735498	245166	7.08	0
Linear	3	735498	735498	245166	7.08	0
Ralat baki	86	2976308	2976308	34608		
Kurang padan	9	2725690	2725690	302854	93.05	0
Ralat tulen	77	250618	250618	3255		
Jumlah	89	3711806				



3.1.1 Kesan Faktor- faktor tendangan ke atas halaju sudut bagi lutut

Kesemua pekali dalam model kemudiannya ditukar ke bentuk persamaan matematik dalam sebutan sebenar:

$$y = 245.773 + 2.14285_{x1} - 5.64604_{x2} + 289.206_{x3}$$

Di mana y adalah tindak balas permukaan, x_1 adalah Arah sudut larian (0), x_2 adalah Jarak kaki sokongan (cm), dan x_3 adalah Tekanan dalaman bola (bar).

3.2 Analisis Model Tertib Kedua

Daripada kajian ini, model tertib pertama mempunyai kekuatan hubungan antara parameter yang lemah, maka perwakilan model dengan tertib yang lebih tinggi iaitu model tertib kedua atau dikenali dengan model kuadratik perlu dibina. Model kuadratik mengambil kira kesan interaksi. Seperti model tertib pertama, model kuadratik telah dianalisis dengan menggunakan analisis varian (ANOVA).

3.2.1 Analisis Model Kuadratik

Jadual 4 menunjukkan anggaran pekali regresi model kuadratik yang dibangunkan melalui perisian MINITAB.



Jadual 4: Anggaran pekali regresi bagi model kuadratik

Sebutan	Pekali	Pekali SE	T	P
Pemalar	691.911	13.711	50.463	0.000
Arah sudut larian	96.428	8.396	11.484	0.000
Jarak kaki sokongan	-28.230	8.396	-3.362	0.001
Tekanan dalaman bola	72.301	8.396	8.611	0.000
Arah sudut larian x Arah sudut larian	-340.860	12.359	-27.579	0.000
Jarak kaki sokongan x Jarak kaki sokongan	-69.880	12.359	-5.654	0.000
Tekanan dalaman bola x Tekanan dalaman bola	1.641	12.359	0.133	0.895
Arah sudut larian x Jarak kaki sokongan	-48.461	11.874	-4.081	0.000
Arah sudut larian x Tekanan dalaman bola	20.745	11.874	1.747	0.084
Jarak kaki sokongan x Tekanan dalaman bola	6.313	11.874	0.532	0.596
S= 58.1721	R-Sq= 92.71%			

Daripada Jadual 4 ini, didapati bahawa pekali arah sudut larian ($p=0.000$), pekali jarak kaki sokongan ($p=0.001$), pekali tekanan dalaman bola ($p=0.000$), pekali Arah sudut larian x Arah sudut larian ($p=0.000$), pekali Jarak kaki sokongan x jarak kaki sokongan ($p=0.000$), pekali Arah sudut larian x Jarak kaki sokongan ($p=0.000$) menunjukkan kesan yang signifikan (nilai $p < 0.05$) pada selang keyakinan 95 % terhadap nilai halaju bagi lutut. Malahan, nilai p di bawah nilai 0.05 juga mengimplikasikan bahawa terdapat kesan interaksi yang signifikan di antara parameter. Walaubagaimanapun, pekali tekanan dalaman bola x Tekanan dalaman bola ($p=0.895$), pekali Arah sudut larian x tekanan dalaman bola ($p=0.084$) dan Jarak kaki sokongan x Tekanan dalaman bola ($p=0.596$) adalah tidak memberi kesan yang signifikan terhadap produktiviti pekerja ($p > 0.05$).



Jika dilihat dari segi pekali penentuan berbilang, R^2 , iaitu sebanyak 92.71%. Nilai ini menunjukkan sejauh mana sahnya model yang dibina dengan model sedia ada dalam menentukan nilai pembolehubah sambutan. Semakin hampir nilai R^2 kepada 1, maka semakin kuat hubungan pembolehubah model yang dicadangkan. Memandangkan nilainya R^2 menghampiri nilai 1, maka model ini boleh diterima pakai dan digunakan untuk menjana plot kajian parametrik dan pengoptimuman tindak balas permukaan. Analisis varian telah dijalankan untuk menentukan sejauh mana tahap keboleh terimaan model itu. Jadual 5 menunjukkan analisis varian bagi model kuadratik.

Jadual 5: Analisis varian bagi model kuadratik

Punca	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regresi	9	3441086	3441086	382343	112.99	0
Linear	3	735498	735498	245166	72.45	0
Kuasa Dua	3	2637939	2637939	879313	259.84	0
Interaksi	3	67649	67649	22550	6.66	0
Ralat baki	80	270719	270719	3384		
Kurang padan	3	20101	20101	6700	2.06	0.113
Ralat tulen	77	250618	250618	3255		
Jumlah	89	3711806				

Memandangkan selang keyakinan yang digunakan dalam kajian ini adalah 95 %, maka model yang mempunyai nilai-p kurang dari 0.05 adalah dianggap signifikan seterusnya membuktikan bahawa model ini adalah signifikan. Walaubagaimanapun, jika dilihat daripada nilai-P bagi model kurang padan iaitu, 0.113, ini menandakan bahawa model tersebut adalah tidak signifikan untuk faktor kurang padan. Dalam erti kata lain, model ini adalah berpadanan, dengan sebutan bagi model yang diambil kira adalah pekali linear dan kuadratik.



Terdapat interaksi antara pemboleh ubah kerana nilai p untuk interaksi ialah 0.000 (<0.05). Nilai p bagi kedua-dua pekali linear dan pekali kuadratik ialah 0.000, di mana pekali linear dan pekali kuadratik lebih signifikan untuk meramal nilai halaju sudut lutut pada pemain bola sepak. Malahan, dengan mengambil kira nilai F, didapati nilai F bagi pekali kuadratik lebih tinggi iaitu 259.84 berbanding dengan hanya 72.45 bagi pekali linear. Semakin tinggi nilai F, maka semakin signifikan perhubungan pekali tersebut dengan model yang dibina. Maka pekali kuadratik adalah lebih signifikan dalam menentukan halaju sudut bagi pemain bola sepak. Nilai p untuk faktor interaksi (p=0.000) juga menunjukkan nilai yang positif untuk menyatakan bahawa terdapat hubungan interaksi antara parameter dengan nilai halaju sudut.

3.2.2 Kesan Faktor-faktor tendangan ke atas halaju sudut bagi lutut

Kesemua pekali dalam model telah disahkan kemudiannya ditukar ke bentuk persamaan matematik dalam sebutan sebenar:

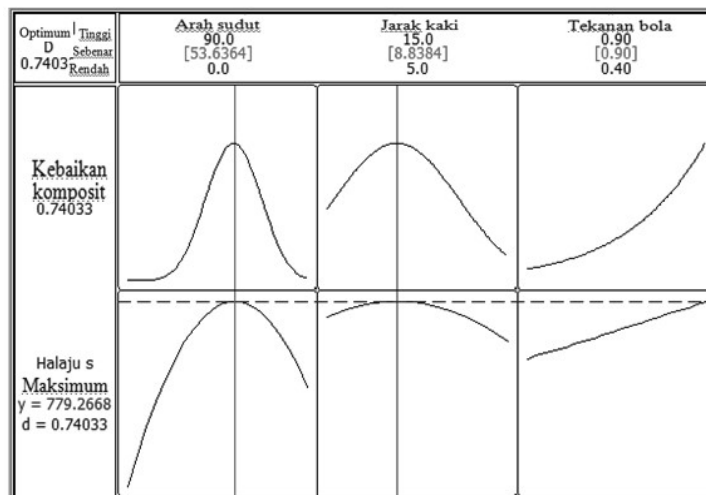
$$y = -155.483 + 18.2474x_1 + 56.6672x_2 + 121.585x_3 - 0.168326x_1^2 - 2.79519x_2^2 + 26.2556x_3^2 - 0.215383x_1x_2 + 1.84404x_1x_3 + 5.05067x_2x_3$$

Di mana y adalah tindak balas permukaan, x_1 adalah Arah sudut larian (0), x_2 adalah Jarak kaki sokongan (cm), dan x_3 adalah Tekanan dalaman bola (bar). Walaupun nilai x_1x_2 tidak mempunyai nilai yang signifikan, tetapi nilai ini boleh juga diambil kira semasa perkiraan nilai ramalan halaju sudut bagi lutut.



3.3 Pengoptimuman Parameter Tendangan

Objektif proses pengoptimuman ini adalah mendapatkan set gabungan bagi faktor-faktor yang memenuhi kehendak setiap pembolehubah tindak balas permukaan. Dengan bantuan perisian MINITAB, proses pengoptimuman parameter ujikaji dilaksanakan untuk mendapatkan nilai halaju sudut bagi lutut yang maksima. Rajah 3 menunjukan graf ramalan untuk sistem mendapatkan nilai halaju sudut optimum bagi lutut untuk setiap parameter yang dikaji.



Rajah 3: Graf pengoptimuman kaedah tindak balas permukaan

Kesimpulannya, nilai halaju sudut bagi lutut yang maksima ialah 779.3darjah/saat. Oleh itu, di dapati bahawa parameter optimum bagi faktor tendangan untuk mendapatkan nilai halaju sudut lutut yang maksima adalah seperti berikut:

Arah sudut larian ($^{\circ}$) = 53.640

Jarak kaki sokongan (sm) = 8.84sm

Tekanan Bola (bar) = 0.9bar



4.0 Pengesahan Keputusan Kajian

Nilai-nilai optimum yang telah diperoleh ini telah diuji ke atas para subjek untuk mengetahui nilai halaju sudut bagi lutut yang maksima apabila berada di dalam keadaan optimum tersebut. Bagi tujuan pengesahan ini, seramai enam orang subjek telah diguna pakai. Enam orang subjek telah didedahkan kepada nilai-nilai parameter yang dicadangkan oleh analisis kaedah tindak balas permukaan. Setiap subjek ini akan melakukan tendangan yang sama mengikut parameter optimum yang telah dicadangkan.

Jadual 6 menunjukkan nilai halaju bagi lutut yang telah dicapai oleh subjek-subjek melalui analisis kaedah tindak balas permukaan Merujuk kepada Jadual 6, keenam-enam subjek memberikan halaju sudut bagi lutut yang maksimum. Semasa ujian pengesahan kajian ini berlangsung, kesemua subjek berasa selesa dengan nilai optimum parameter tersebut. Mereka bebas bergerak dan berasa selesa untuk melakukan tendangan kekura kaki yang maksima telah diberikan.

Jadual 6: Nilai halaju sudut bagi lutut yang dicadangkan oleh analisis RSM

Pembolehubah	N	Purata Min	Sisihan Piawai	T	P
RSM	6	721.2	72.351	24.42	0.000



Satu ujian 1-sampel T telah dilakukan bagi menguji sehampir mana nilai halaju sudut bagi lutut yang diperolehi daripada analisis kaedah tindak balas permukaan ini seperti yang ditunjukkan pada Jadual 7.

Jadual 7: Data analisis ujian 1-sampel T

Subjek	Nilai Halaju sudut bagi lutut (darjah/saat)
A	736.5
B	764.3
C	817.95
D	661.45
E	730.91
F	616.05

5.0 Kesimpulan

Melalui kajian ini dapatlah disimpulkan bahawa set parameter yang optimum ini akan memberikan panduan kepada para pemain bola sepak agar dapat menendang dengan teknik yang berkualiti dan memberi rangsangan kepada pemain untuk mencapai tahap halaju sudut yang optimum dan seterusnya mengelakkan dari berlakunya sebarang kecederaan yang tidak diingini.



Rujukan

- Apriantono, T., Nunome, H., Ikegami, Y. and Sano, S., (2006). The effect of muscle fatigue on instep kicking kinetics and kinematics in football association. *Journal of Sports Sciences* 24, 951-960.
- Barfield, W.R. (1997). *Biomechanics of kicking*. In Textbook of Sports Medicine. Eds: Garrett, W.E. and Kirkendall, D.T. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Barfield, W.R., Kirkendall, D. and Yu, B., (2002). Kinematic instep kicking differences between elite female and male soccer players, *Journal of Sports Science and Medicine* 3: 72-79
- Bas, D., & Boyaci, I. H. (2007). Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. *Journal of Food Engineering* 78(3): 836-845.
- Browder K., Tant, C. and Wilkerson, J., (1991). A three-dimensional kinematic analysis of three kicking techniques in female soccer players. In: *Biomechanics in Sports IX: Proceedings of the 9th International Symposium on Biomechanics in Sports*. 95-100
- Isokawa, M. and Lees, A., (1988). *A biomechanical analysis of the instep kick motion in soccer*. In: *Science and Football*. Eds. W. J. London: E & FN Spon. 449-455
- Lees, A. and Nolan, L., (1998). The biomechanics of soccer: A review. *Journal of Sports Sciences* 16: 211-234.
- Lees, A and Nolan, L., (2002). Three dimensional kinematic analysis of the instep kick under speed and accuracy conditions. In *Science and Football* IV. 16-21.
- Lees, A., Kershaw, L. and Moura, F., (2005). The three-dimensional nature of the maximal instep kick in soccer. In: *Science and Football* V. 64-69.
- Levanon, J. and Dapena, J., (1998). Comparison of the kinematics of the full-instep and pass kicks in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30: 917-927.
- Montgomery, D. C. (1997). *Design and Analysis of Experiments* (5 ed.). USA: John Wiley & Sons
- Nunome, H., Ikegami, Y., Kozakai, R., Apriantono, T. and Sano, S. (2006). Segmental dynamics of soccer instep kicking with the preferred and non-preferred leg. *Journal of Sports Sciences* 24: 529-541.
- Prassas, S., Terauds, J. and Nathan, T. (1990). Three-dimensional kinematic analysis of high and low trajectory kicks in soccer. In: *Proceedings of the VIIIth International Symposium of the Society of Biomechanics in Sports*, 145-149.



Shan, G. and Westerhoff, P., (2005). Full-body Kinematic Characteristics of the Maximal Instep Soccer Kick by Male Soccer Players and Parameters Related to Kick Quality. *Sports Biomechanics* 44(1), 59-72

Sinclair, J, Fewtrell D., Taylor P. J., Atkins S., Bottoms L., & Hobbs S. J. (2014). Three-dimensional kinematic differences between the preferred and non preferred limbs during maximal instep soccer kicking. *Journal of Sports Sciences* 00(00):1-10

Sterzing, T. F., Hennig, E. M. (1999). Measurements Of Plantar Pressure, Rearfoot Motion and Tibial Motion During Running. *Fourth Symposium on Footwear Biomechanics*

