BAB 4
Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Demografi Subjek

Total subjek dalam penelitian ini adalah 40 subjek, dengan masing-masing 20 subjek pada setiap kelompok *stroke* dan 20 subjek pada kelompok *control*. Statistik deskriptif digunakan untuk merangkum semua variabel pada demografi subjek. Tabel 4.1 menunjukkan ringkasan demografi dari masing-masing kelompok tersebut.

Tidak ada perbedaan rata-rata usia dan tekanan darah sistole antara kelompok *stroke* dan *control* (*p-value* > 0.05). Begitu juga dengan diameter MCA kanan dan kiri, riwayat merokok, dan riwayat alkohol. Pada demografi indeks massa tubuh dan tekanan darah diastole, rata-rata pada kelompok *stroke* cenderung lebih tinggi dari pada kelompok *control*. Mengenai perbedaan indeks massa tubuh dan tekanan darah diastole pada kedua kelompok akan dibahas pada bagian pembahasan.

Tabel 4.1 Demografi Subjek

Demografi	Stroke (Mean ± SD)	Control (Mean ± SD)	p-value
Usia (Tahun)	64 ± 10.11	67 ± 7.53	0.273
Jenis Kelamin (L/P)	7/13	9/11	0.524
Indeks Massa Tubuh (kg/m)	28.34 ± 3.83	25.15 ± 4.57	0.012*
TD. Sistole (mmHg)	135.62 ± 8.58	130.43 ± 11.85	0.168
TD. Diastole (mmHg)	69.42 ± 5.84	63.48 ± 5.75	0.003*
Diameter MCA Kanan	2.13 ± 0.64	2.38 ± 0.23	0.240
Diameter MCA Kiri	2.48 ± 0.28	2.43 ± 0.22	0.762
Riwayat Merokok (Y/T)	13/7	7/13	0.061
Riwayat Alkohol (Y/T)	15/5	16/4	0.708
NIHSS	3 ± 2.28	-	-
MRS	1 ± 1.08	-	-
Sisi Stroke (Kanan/Kiri)	8/12	-	-

** p-value < 0.05*
L=Laki-Laki, P=Perempuan, TD=Tekanan Darah, MCA=Middle Cerabral Arteri, Y=Ya, T=Tidak, NIHSS=National Institute Health Stroke Score, MRS=Modified Rankin Score.

4.1.2 *Blood Pressure* pada Kelompok *Control* dan *Stroke*

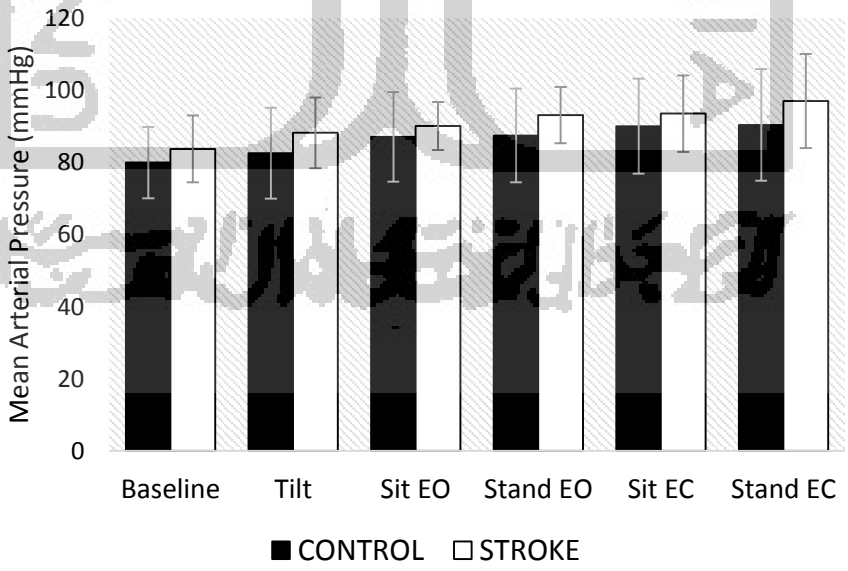
Perbedaan rata-rata BP pada kelompok *control* dengan kelompok *stroke* dihitung dengan menggunakan uji signifikansi Metode *Mann-Whitney U*. Hasil uji signifikansi BP terhadap kelompok *stroke* dan *control* terlihat pada Tabel 4.2. Berdasarkan hasil tersebut, BP pada setiap posisi memiliki nilai *p-value* > 0.05. Hal ini berarti bahwa tidak terdapat perbedaan rata-rata BP yang signifikan diantara kedua kelompok tersebut. Rata-rata BP yang ditampilkan merupakan nilai dari MAP.

Tabel 4.2 Hasil Uji Signifikansi *Blood Pressure* (mmHg)

Posisi	Control (Mean ± SD)	Stroke (Mean ± SD)	p-value
Baseline	79.99 ± 9.90	83.78 ± 9.27	0.219
Tilt	82.61 ± 12.63	88.23 ± 9.82	0.128
Sit Eyes Open	87.14 ± 12.44	90.14 ± 6.69	0.372
Stand Eyes Open	87.52 ± 12.98	93.18 ± 7.80	0.120
Sit Eyes Close	90.08 ± 13.15	93.57 ± 10.62	0.392
Stand Eyes Close	90.45 ± 15.52	97.06 ± 13.03	0.186

Mean=Rata-rata, SD=Standard Deviasi

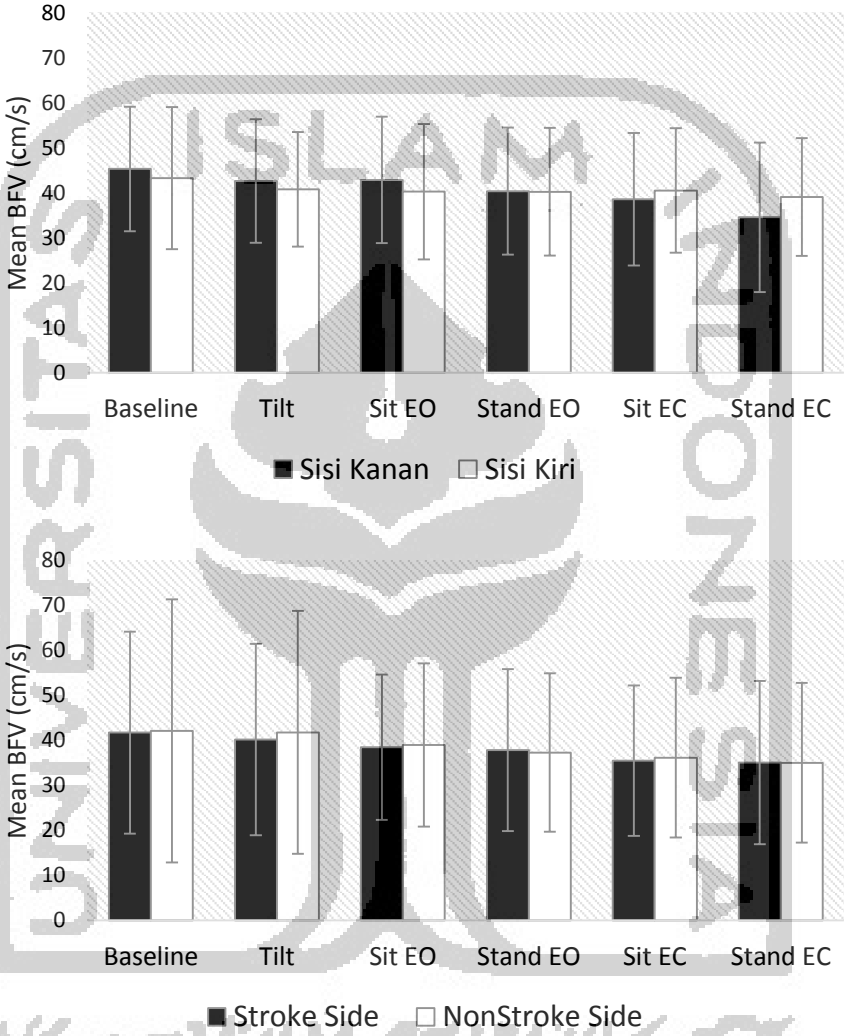
Meskipun tidak terdapat perbedaan yang signifikan diantara kelompok *stroke* dan *control*, nilai rata-rata BP pada kelompok *stroke* selalu lebih tinggi dari kelompok *control.* Rata-rata BP pada kelompok *stroke* naik 3-7 mmHg (Gambar 4.1). Selain itu, rata-rata BP pada kedua kelompok juga meningkat ketika terjadi perubahan posisi dari *baseline*.



Gambar 4.1 Perbandingan Rata-Rata *Mean Arterial Pressure.*

4.1.3 *Blood Flow Velocity* pada Kelompok *Control* dan *Stroke*

Blood Flow Velocity (BFV) diukur pada bagian *Middle Cerebral Artery* (MCA) kanan dan kiri. Pada kelompok *control*, BFV bagian kanan diberikan label Sisi Kanan dan pada bagian kiri diberikan label Sisi Kiri. Sedangkan untuk kelompok *stroke*, label bagian kanan dan kiri disesuaikan dengan letak bagian tubuh pasien yang terserang *stroke* (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Perbandingan *Blood Flow Velocity* Pada Sisi Kanan dan Kiri Antara Kelompok *Control* (Atas) dan *Stroke* (Bawah).

Untuk mengetahui perbedaan rata-rata pada kelompok *control*, digunakan uji signifikansi. Hasil uji signifikansi pada kelompok *control* terlihat pada

Tabel 4.3. Berdasarkan tabel tersebut, BFV pada sisi bagian kanan dan kiri pada kelompok *control* tidak terlihat adanya perbedaan yang signifikan di semua posisi (*p-value* > 0.05).

Tabel 4.3 Hasil Uji Signifikansi BFV Sisi Kanan dan Kiri Pada Kelompok *Control*

Posisi	**Side Kanan (Mean ± SD)**	**Sisi Kiri (Mean ± SD)**	***p-value***
Baseline	45.30 ± 13.83	43.25 ± 15.80	0.793
Tilt	42.60 ± 13.74	40.78 ± 12.73	0.651
Sit Eyes Open	42.85 ± 14.06	40.24 ± 15.06	1.000
Stand Eyes Open	40.35 ± 14.12	40.22 ± 14.21	0.985
Sit Eyes Close	38.53 ± 14.74	40.50 ± 13.84	0.955
Stand Eyes Close	34.56 ± 16.62	39.06 ± 13.09	0.651

Mean=Rata-rata, SD=Standard Deviasi

Uji signifikansi juga dilakukan terhadap kelompok *stroke*, untuk mengetahui adanya perbedaan rata-rata BFV pada sisi yang terkena *stroke* dengan sisi yang tidak terkena *stroke*. Pada kelompok *stroke*, BFV pada sisi yang terkena *stroke* dengan sisi yang tidak terkena *stroke* juga menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan dengan nilai *p-value* > 0.05 (Tabel 4.4).

Tabel 4.4 Hasil Uji Signifikansi BFV Sisi *Stroke* dan Non-*Stroke* Pada Kelompok *Stroke*

Posisi	**Stroke Side (Mean ± SD)**	**Non-Stroke Side (Mean ± SD)**	***p-value***
Baseline	41.72 ± 22.44	42.13 ± 29.24	0.736
Tilt	40.19 ± 21.29	41.77 ± 26.98	0.520
Sit Eyes Open	38.48 ± 16.13	38.97 ± 18.18	0.594
Stand Eyes Open	37.85 ± 18.02	37.28 ± 17.63	0.689
Sit Eyes Close	35.45 ± 16.72	36.16 ± 17.72	0.527
Stand Eyes Close	35.06 ± 18.15	35.01 ± 17.75	0.855

Mean=Rata-rata, SD=Standard Deviasi

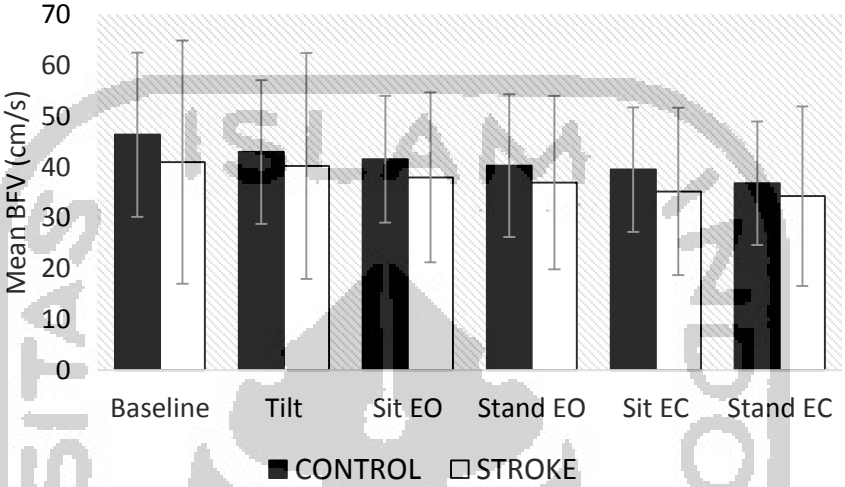
Hasil BFV pada kedua sisi, baik kelompok *stroke* maupun kelompok *control* menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan. Kemudian dilakukan uji signifikansi terhadap rata-rata BFV antarkelompok. Tabel 4.5 menunjukkan hasil uji signifikansi BFV, dimana antara kelompok *stroke* dan *control* juga tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Tabel 4.5 Hasil Uji Signifikansi *Blood Flow Velocity* (cm/s)

Posisi	**Control (Mean ± SD)**	**Stroke (Mean ± SD)**	**p-value**
Baseline	46.37 ± 16.15	40.99 ± 23.94	0.226
Tilt	42.97 ± 14.17	40.22 ± 22.24	0.389
Sit Eyes Open	41.54 ± 12.48	37.98 ± 16.71	0.352
Stand Eyes Open	40.29 ± 14.04	36.95 ± 17.08	0.270
Sit Eyes Close	39.51 ± 12.27	35.20 ± 16.51	0.168
Stand Eyes Close	36.81 ± 12.15	34.27 ± 17.70	0.368

Mean=Rata-rata, SD=Standard Deviasi

Rata-rata BFV pada kelompok *stroke* lebih rendah daripada kelompok *control* (Gambar 4.3). Jika rata-rata BP mengalami peningkatan pada saat terjadi perubahan posisi, hal ini berlaku kebalikannya pada BFV. BFV mengalami penurunan kecepatan aliran darah pada kedua kelompok pada saat subjek mengalami perubahan posisi. Penurunan yang dialami pada saat perubahan posisi tidak terlalu signifikan, yaitu antara 3-5 cm/s.



Gambar 4.3 Perbandingan Rata-Rata *Blood Flow Velocity*.

4.1.4 *Heart Rate Variability* pada Kelompok *Control* dan *Stroke*

Analisis HRV dilakukan pada domain waktu (*time domain analysis*), domain frekuensi (*frequency domain analysis*), dan *Poincaré Plot*. Analisis pada masing-masing domain berguna untuk mengetahui perbedaan rata-rata HRV pada kelompok *stroke* dan kelompok *control*.

a. Analisis Linier Domain Waktu (*Time Domain Analysis*)

Parameter HRV yang digunakan pada domain waktu yaitu MeanRR, SDRR, RMSSD, dan CVRR. Uji signifikansi menggunakan Metode *Mann-Whitney U* menunjukkan bahwa masing-masing parameter HRV pada kedua kelompok memberikan hasil signifikansi yang berbeda (Tabel 4.6). Hampir seluruh nilai *p-value* pada parameter MeanRR lebih kecil dari 0.05 untuk setiap posisi, kecuali pada posisi StandEC (*p-value* > 0.5). Hal ini berarti bahwa secara umum terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok *stroke* dan *control* pada parameter MeanRR.

Pada parameter SDRR, perbedaan kelompok *stroke* dan *control* yang signifikan hanya terlihat pada saat posisi *baseline* dan StandEO (*p-value* < 0.05). Selain kedua posisi

tersebut, parameter SDRR tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (*p-value* > 0.5) antara kedua kelompok.

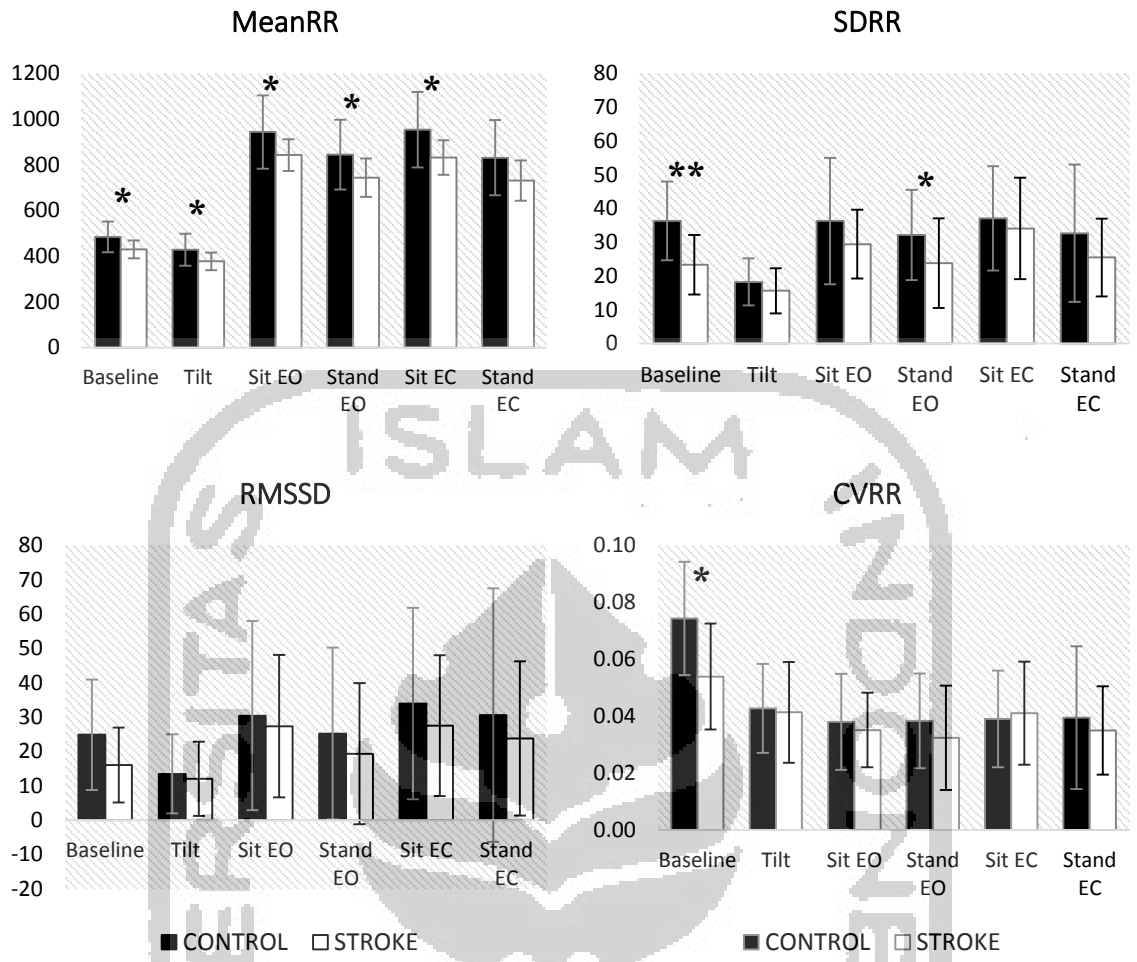
Tabel 4.6 Hasil Uji Signifikansi Domain Waktu

Posisi	Control (Mean ± SD)	Stroke (Mean ± SD)	p-value
MeanRR Baseline	484.69 ± 67.56	429.83 ± 39.61	0.003*
MeanRR Tilt	428.63 ± 70.57	378.00 ± 38.59	0.025*
MeanRR SitEO	944.11 ± 160.67	842.95 ± 69.15	0.027*
MeanRR StandEO	844.85 ± 152.74	744.28 ± 84.10	0.042*
MeanRR SitEC	954.42 ± 165.74	832.74 ± 75.76	0.007*
MeanRR StandEC	831.46 ± 164.47	731.48 ± 88.70	0.079
SDRR Baseline	36.34 ± 11.68	23.32 ± 8.83	< 0.001**
SDRR Tilt	18.26 ± 7.00	15.62 ± 6.69	0.279
SDRR SitEO	36.30 ± 18.70	29.45 ± 10.21	0.204
SDRR StandEO	32.15 ± 13.39	23.80 ± 13.30	0.009*
SDRR SitEC	37.10 ± 15.45	34.10 ± 15.04	0.433
SDRR StandEC	32.66 ± 20.35	25.49 ± 11.54	0.267
RMSSD Baseline	24.86 ± 16.12	16.06 ± 10.92	0.094
RMSSD Tilt	13.46 ± 11.54	12.02 ± 10.84	0.745
RMSSD SitEO	30.44 ± 27.55	27.34 ± 20.74	0.850
RMSSD StandEO	25.18 ± 25.04	19.34 ± 20.54	0.787
RMSSD SitEC	33.95 ± 27.91	27.51 ± 20.55	0.344
RMSSD StandEC	30.56 ± 36.91	23.76 ± 22.46	0.914
CVRR Baseline	0.074 ± 0.020	0.054 ± 0.019	0.002*
CVRR Tilt	0.043 ± 0.016	0.041 ± 0.018	0.589
CVRR SitEO	0.038 ± 0.017	0.035 ± 0.013	0.797
CVRR StandEO	0.038 ± 0.017	0.032 ± 0.018	0.076
CVRR SitEC	0.039 ± 0.017	0.041 ± 0.018	0.766
CVRR StandEC	0.040 ± 0.025	0.035 ± 0.016	0.636

** p-value < 0.05, ** p-value < 0.001, Mean=Rata-rata, SD=Standard Deviasi, Sit EO=Sit Eyes Open, Stand EO=Stand Eyes Open, Sit EC=Sit Eyes Close, Stand EC=Sit Eyes Close*

Parameter RMSSD pada uji signifikansi, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok *stroke* dan *control* di semua posisi (*p-value* > 0.05). Hal ini berarti bahwa rata-rata RMSSD pada kedua kelompok adalah sama. Parameter CVRR hanya menunjukkan perbedaan yang signifikan pada posisi *baseline* (*p-value* < 0.05).

Seperti terlihat pada Gambar 4.4, perbedaan yang signifikan diantara kedua kelompok ditandai dengan simbol bintang (*****). Hampir semua parameter pada HRV menunjukkan bahwa kelompok *stroke* memiliki rata-rata HRV yang lebih rendah daripada kelompok *control*. Namun dari ke-empat parameter pada domain waktu tersebut, yang paling menunjukkan perbedaan karakteristik HRV antara kelompok *stroke* dengan kelompok *control* di berbagai posisi hanya parameter MeanRR.

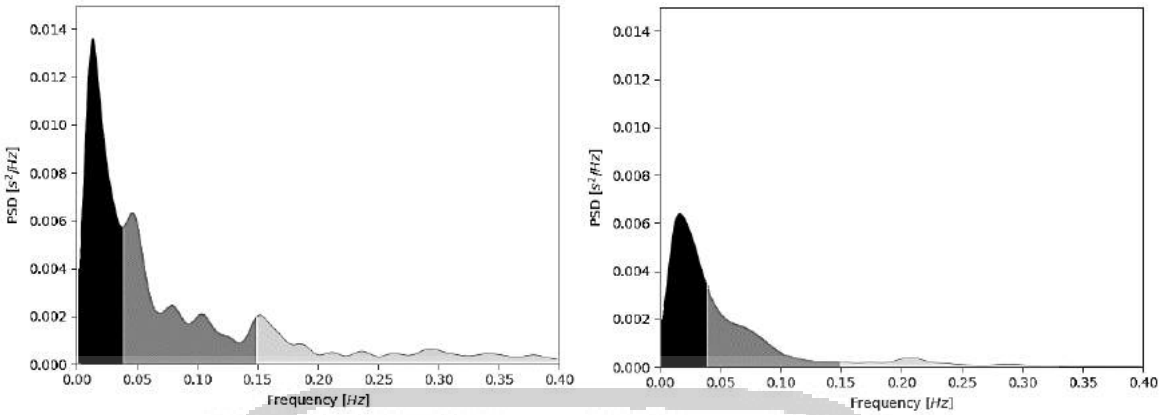


Gambar 4.4 Perbandingan Rata-Rata HRV Pada Domain Waktu.

Berdasarkan hasil uji signifikansi pada parameter-parameter tersebut, secara umum HRV pada posisi *baseline* menunjukkan bahwa antara kelompok *control* dengan kelompok *stroke* sudah berbeda. Dengan demikian untuk melihat perbedaan antara kedua kelompok tersebut di berbagai aktivitas/posisi, dapat dilihat melalui parameter MeanRR. Sedangkan untuk parameter pada domain waktu yang lain, hanya dapat ditunjukkan pada posisi *baseline*.

b. Analisis Linier Domain Frekuensi (*Frequency Domain*)

Analisis pada domain frekuensi dilakukan dengan menghitung jumlah area di bawah kurva pada setiap *bandwidth* frekuensi (*band*). Hasil transformasi R-R Interval ke dalam bentuk *Power Spectral Density* (PSD) pada salah satu subjek *control* dan *stroke* pada posisi *baseline* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 PSD Subjek *Control* (Kiri) dan *Stroke* (Kanan).

Very Low Frequency (VLF) pada Gambar 4.5 ditunjukkan dengan area yang berwarna hitam, *Low Frequency* (LF) diwakili dengan abu-abu gelap, sedangkan area *High Frequency* (HF) ditandai dengan abu-abu terang. PSD pada subjek *control* memiliki puncak yang lebih tinggi dibanding subjek *stroke*. Hal ini terlihat jelas pada VLF diantara kedua kelompok. Area di bawah kurva pada setiap *band* untuk subjek *control* juga cenderung memiliki luas yang lebih besar dibandingkan dengan subjek pada kelompok *stroke*.

Uji signifikansi dilakukan terhadap kedua kelompok, untuk mengetahui perbedaan rata-rata HRV domain frekuensi pada setiap parameter/*band*. Hasil uji signifikansi ditunjukkan pada Tabel 4.7. Hampir semua parameter menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok *stroke* dengan kelompok *control*. Pada parameter VLF perbedaan yang signifikan ditunjukkan pada posisi *baseline* dan *stand eyes open* (*p-value* < 0.05). Parameter lain yang menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok yaitu parameter LF pada posisi *baseline* dan *sit eyes open*, dan parameter HF pada posisi *baseline*. Parameter Rasio LF/HF tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan diantara kedua kelompok.

Tabel 4.7 Hasil Uji Signifikansi Domain Frekuensi

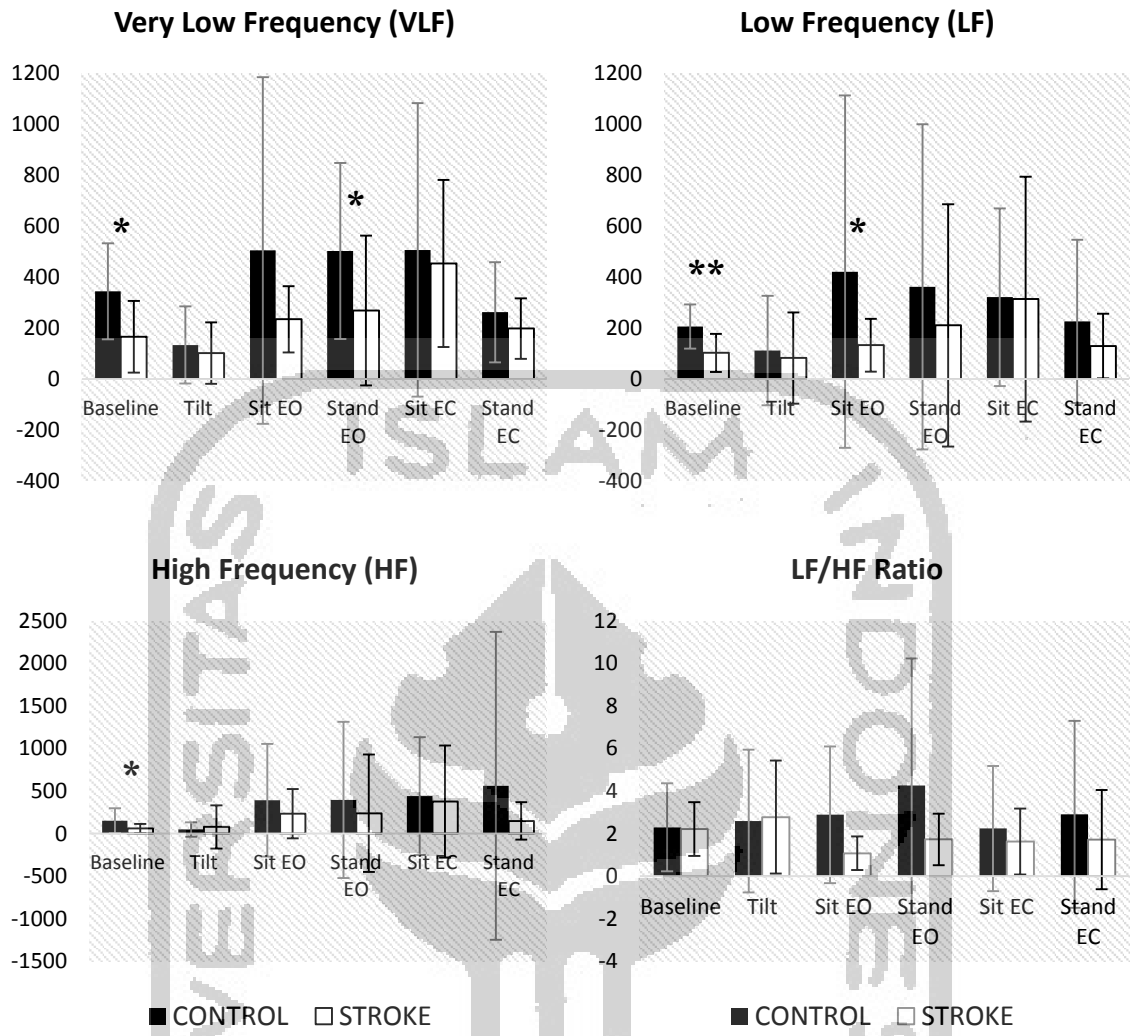
Posisi	Control Mean ± SD	Stroke Mean ± SD	p-value
VLF Baseline	344.93 ± 188.97	165.68 ± 140.76	0.002*
VLF Tilt	134.16 ± 151.54	102.47 ± 120.84	0.607
VLF Sit Eyes Open	505.11 ± 680.32	234.93 ± 130.21	0.117
VLF Stand Eyes Open	503.16 ± 346.10	268.88 ± 294.29	0.009*
VLF Sit Eyes Close	507.23 ± 576.16	454.32 ± 328.32	0.978
VLF Stand Eyes Close	262.50 ± 196.69	198.40 ± 118.31	0.516

Posisi	Control Mean ± SD	Stroke Mean ± SD	p-value
LF Baseline	206.64 ± 87.14	103.37 ± 74.77	< 0.001**
LF Tilt	112.20 ± 214.38	82.89 ± 179.50	0.745
LF Sit Eyes Open	422.04 ± 691.69	133.36 ± 103.89	0.006*
LF Stand Eyes Open	362.21 ± 638.60	211.01 ± 476.07	0.144
LF Sit Eyes Close	321.55 ± 349.06	314.35 ± 480.79	0.344
LF Stand Eyes Close	226.28 ± 320.78	129.92 ± 127.05	0.766
HF Baseline	152.69 ± 146.62	59.41 ± 52.96	0.009*
HF Tilt	48.02 ± 85.42	78.93 ± 255.15	0.160
HF Sit Eyes Open	391.79 ± 661.78	234.32 ± 290.56	0.935
HF Stand Eyes Open	395.14 ± 919.35	238.39 ± 691.09	0.808
HF Sit Eyes Close	441.30 ± 691.82	378.90 ± 659.30	0.372
HF Stand Eyes Close	561.27 ± 1812.36	149.35 ± 221.66	0.871
Rasio LF/HF Baseline	2.292 ± 2.073	2.216 ± 1.260	0.552
Rasio LF/HF Tilt	2.589 ± 3.355	2.773 ± 2.659	0.646
Rasio LF/HF Sit Eyes Open	2.887 ± 3.211	1.076 ± 0.788	0.105
Rasio LF/HF Stand Eyes Open	4.262 ± 5.982	1.725 ± 1.211	0.402
Rasio LF/HF Sit Eyes Close	2.241 ± 2.942	1.622 ± 1.551	0.978
Rasio LF/HF Stand Eyes Close	2.902 ± 4.400	1.719 ± 2.333	0.935

** p-value < 0.05, ** p-value < 0.001, Mean=Rata-rata, SD=Standard Deviasi, VLF=Very Low Frequency, LF=Low Frequency, HF=High Frequency*

Seperti tampak pada Gambar 4.6, rata-rata HRV pada kelompok *control* lebih tinggi daripada kelompok *stroke*. Bahkan di beberapa posisi, HRV pada kelompok *control* terlihat memiliki nilai rata-rata yang sangat tinggi (posisi StandEC pada parameter HF). Meskipun memiliki nilai rata-rata yang tinggi, uji signifikansi menunjukkan bahwa pada posisi StandEC, rata-rata parameter HF tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara dua kelompok (*p-value* > 0.05). Hal ini dikarenakan nilai standard deviasi yang juga tinggi pada kelompok *control* (1812.36), sehingga menyebabkan nilai rata-rata pada kelompok tersebut naik secara drastis.

Secara umum melalui uji signifikansi, perbedaan yang signifikan di berbagai posisi lebih banyak ditunjukkan pada parameter VLF dan LF. Namun demikian, kelompok *stroke* dengan kelompok *control* pada posisi *baseline* menunjukkan perbedaan yang paling signifikan pada semua *band power*. Dengan demikian, parameter HRV pada domain frekuensi yang dapat menunjukkan perbedaan yang jelas antara kelompok *stroke* dengan kelompok *control* adalah VLF, LF, dan HF di posisi *baseline*.

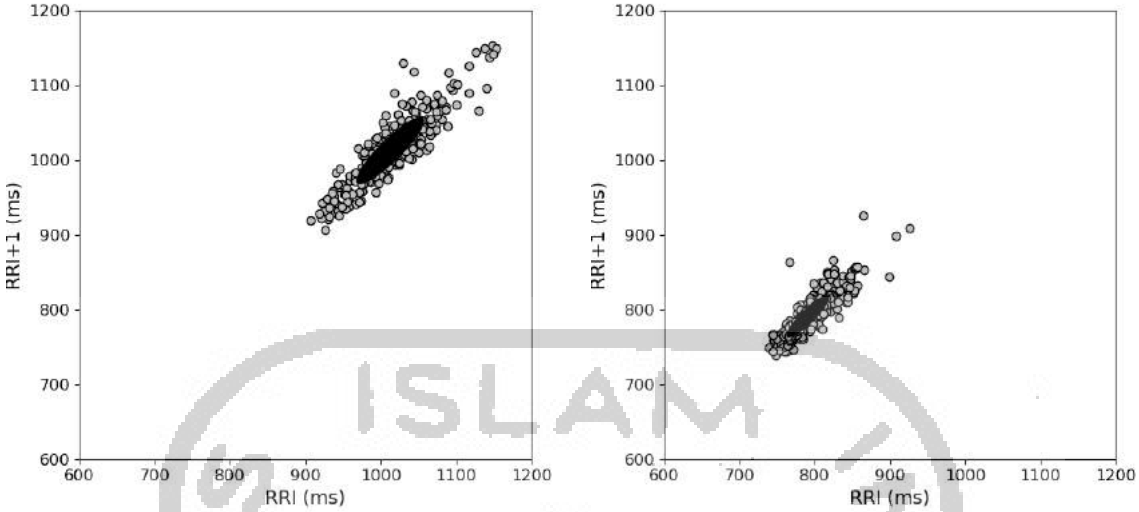


Gambar 4.6 Perbandingan Rata-Rata HRV Pada Domain Frekuensi.

c. Analisis Non-Linier *Poincaré Plot*

Poincaré Plot digambarkan dalam bentuk *scatter plot* dengan sumbu x merupakan R-R Interval dan sumbu y adalah R-R Interval setelahnya. Gambar 4.7 menunjukkan *Poincaré Plot* salah satu subjek pada kelompok *stroke* dan kelompok *control* pada posisi duduk dengan mata terbuka (*Sit Eyes Open/SitEO*).

Area *ellipse* menunjukkan distribusi dari variabilitas data. Area *ellipse* didapatkan dari hasil perkalian antara SD1 (lebar *ellipse*) dengan SD2 (*panjang ellipse*). Area *ellipse* pada gambar tersebut ditandai dengan warna hitam. Seperti terlihat pada gambar tersebut, subjek *control* cenderung memiliki area *ellipse* yang lebih luas dibandingkan dengan subjek *stroke*. Selain itu sebaran distribusi R-R Interval pada kelompok *control* juga lebih lebar.



Gambar 4.7 *Poincaré Plot* Subjek *Control* (Kiri) dan *Stroke* (Kanan).

Untuk mengetahui perbedaan HRV melalui analisis non-linier (*Poincaré Plot*) antara kelompok *stroke* dengan kelompok *control*, dilakukan uji signifikansi pada parameter SD1 dan SD2. Hasil uji signifikansi *Poincaré Plot* untuk setiap parameter di berbagai posisi seperti ditunjukkan pada Tabel 4.8.

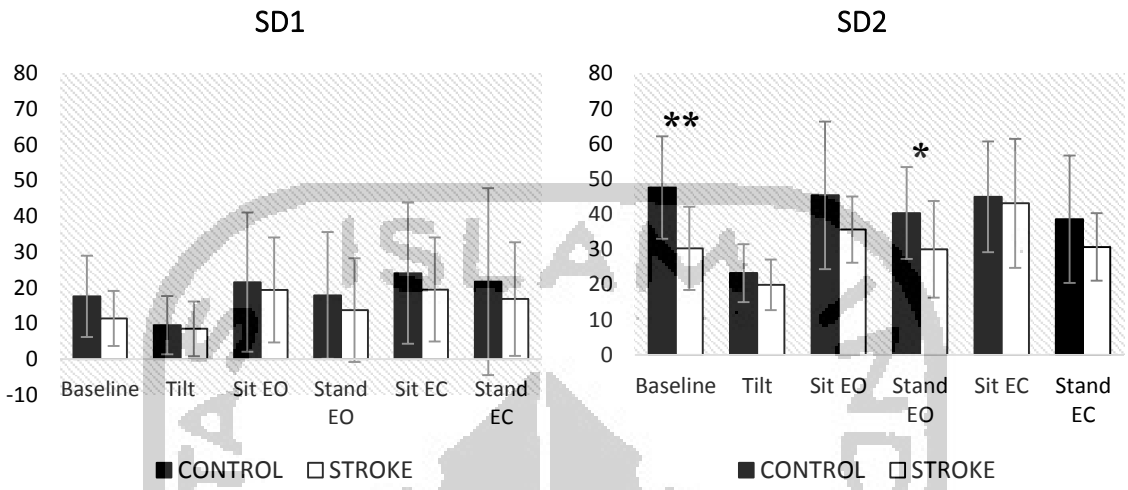
Tabel 4.8 Hasil Uji Signifikansi *Poincaré Plot*

Position	**Control (Mean ± SD)**	**Stroke (Mean ± SD)**	**p-value**
SD1 Base	17.58 ± 11.40	11.36 ± 7.72	0.094
SD1 Tilt	9.52 ± 8.17	8.50 ± 7.67	0.745
SD1 SitEO	21.56 ± 19.52	19.36 ± 14.69	0.850
SD1 StandEO	17.85 ± 17.75	13.70 ± 14.55	0.787
SD1 SitEC	24.05 ± 19.77	19.48 ± 14.55	0.344
SD1 StandEC	21.67 ± 26.17	16.84 ± 15.92	0.914
SD2 Base	47.60 ± 14.57	30.29 ± 11.81	< 0.001**
SD2 Tilt	23.26 ± 8.25	19.88 ± 7.19	0.245
SD2 SitEO	45.35 ± 20.94	35.61 ± 9.45	0.088
SD2 StandEO	40.33 ± 13.09	30.01 ± 13.73	0.006*
SD2 SitEC	44.96 ± 15.76	43.08 ± 18.33	0.516
SD2 StandEC	38.57 ± 18.12	30.67 ± 9.59	0.279

** p-value < 0.05, ** p-value < 0.001, Sit EO=Sit Eyes Open, Stand EO=Stand Eyes Open, Sit EC=Sit Eyes Close, Stand EC=Sit Eyes Close*

Pada parameter SD1, antara kelompok *stroke* dengan kelompok *control* tidak terlihat adanya perbedaan yang signifikan (*p-value* > 0.05) di semua posisi. Hasil yang berbeda ditunjukkan pada parameter SD2 (Gambar 4.8). Rata-rata pada parameter SD2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok tersebut. Kondisi ini

ditemukan hanya pada posisi *baseline* dan *StandEO*. Dengan demikian parameter yang menunjukkan perbedaan antara kedua kelompok pada analisis non-linier menggunakan *Poincaré Plot* hanya dapat dilihat melalui parameter SD2.



Gambar 4.8 Perbandingan Rata-Rata HRV Pada *Poincaré Plot.*

Meskipun perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok hanya dapat dilihat melalui parameter SD2, namun kelompok *stroke* tetap memiliki rata-rata HRV yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok *control*.

4.1.5 Hubungan *Blood Pressure* dengan *Blood Flow Velocity*

Uji *Rank Spearman Correlation* digunakan untuk mengetahui hubungan antara BP dengan BFV pada kedua kelompok. Hasil uji korelasi pada Tabel 4.9 menunjukkan bahwa pada kelompok *control,* ditemukan hubungan antara BP dengan BFV pada posisi SitEC (*p-value* < 0.05). Korelasi yang ditunjukkan berupa korelasi negatif dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0.574, yang berarti bahwa terdapat korelasi yang kuat antara BP dengan BFV pada kelompok *control*.

Tabel 4.9 Hasil Uji Korelasi BP dengan BFV Kelompok *Control*

Blood Pressure	**Blood Flow Velocity (BFV)**											
	Baseline		**Tilt**		**SitEO**		**StandEO**		**SitEC**		**StandEC**	
	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.
SBP	-0.388	0.101	0.049	0.842	-0.485	0.057	-0.218	0.418	**-0.574**	**0.020***	-0.212	0.431
DBP	-0.100	0.684	0.019	0.937	-0.288	0.279	-0.147	0.587	-0.465	0.070	-0.247	0.356

** p-value < 0.05, SBP=Systolic Blood Pressure, DBP=Diastolic Blood Pressure, CC=Coefficient Correlation, Sig.=Significant*

Hasil yang berbeda ditunjukkan pada kelompok *stroke*. Pada kelompok *stroke*, tidak terdapat hubungan antara BP dengan BFV di berbagai posisi. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.10 dengan nilai *p-value* > 0.05.

Tabel 4.10 Hasil Uji Korelasi BP dengan BFV Kelompok *Stroke*

Blood Pressure	Blood Flow Velocity (BFV)											
	Baseline		Tilt		SitEO		StandEO		SitEC		StandEC	
	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.
SBP	-0.039	0.875	-0.274	0.257	0.296	0.233	0.323	0.191	0.176	0.484	0.301	0.240
DBP	0.254	0.293	0.047	0.847	-0.042	0.868	-0.071	0.779	-0.030	0.906	0.238	0.358

Berdasarkan hasil keseluruhan uji korelasi antara BP dengan BFV, hubungan antara kedua *biosignal* tersebut hanya terlihat pada kelompok *control* pada posisi duduk dengan mata tertutup (SitEC).

4.1.6 Hubungan *Blood Pressure* dengan *Heart Rate Variability*

Hubungan antara BP dengan HRV juga diuji dengan menggunakan metode yang sama seperti halnya uji BP dengan BFV. Hasil uji korelasi antara BP dengan HRV domain waktu pada kelompok *control*, ditunjukkan pada Tabel 4.11. Seperti yang terlihat pada tabel tersebut, hasil uji korelasi antara BP dan HRV domain waktu di semua posisi pada kelompok *control* memiliki nilai *p-value* > 0.05. Hal ini berarti bahwa kelompok *control* tidak menunjukkan adanya hubungan antara BP dan HRV di domain waktu.

Tabel 4.11 Hasil Uji Korelasi BP dengan HRV Domain Waktu Kelompok *Control*

Blood Pressure Control	MeanRR		SDRR		RMSSD		CVRR	
	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.
SBP Baseline	-0.021	0.930	0.238	0.313	0.311	0.182	0.324	0.163
DBP Baseline	-0.108	0.650	-0.023	0.925	-0.017	0.945	0.060	0.801
SBP Tilt	0.381	0.108	-0.032	0.898	0.298	0.215	-0.135	0.581
DBP Tilt	0.042	0.864	0.033	0.892	0.140	0.567	0.093	0.705
SBP SitEO	0.168	0.535	-0.115	0.672	0.238	0.374	-0.200	0.458
DBP SitEO	-0.200	0.458	-0.209	0.438	-0.171	0.528	-0.229	0.393
SBP StandEO	0.326	0.217	0.097	0.721	0.126	0.641	0.038	0.888
DBP StandEO	-0.218	0.418	-0.026	0.922	-0.194	0.471	0.085	0.753
SBP SitEC	0.271	0.311	0.218	0.418	0.324	0.222	0.135	0.617
DBP SitEC	-0.291	0.274	-0.018	0.948	-0.185	0.492	0.112	0.680
SBP StandEC	0.282	0.289	-0.147	0.587	0.147	0.587	-0.291	0.274
DBP StandEC	-0.247	0.356	-0.212	0.431	-0.094	0.729	-0.197	0.464

Uji korelasi pada kelompok *stroke* memberikan hasil yang berbeda di beberapa posisi. Tabel 4.12 menunjukkan hasil uji korelasi antara BP dengan HRV domain waktu pada kelompok *stroke*. Pada tabel tersebut, posisi *baseline, tilt, sit eyes open*, dan *stand eyes open* tidak menunjukkan adanya hubungan. Akan tetapi pada posisi sit eyes *close* dan *stand eyes close*, parameter SDRR, RMSSD, dan CVRR memiliki korelasi dengan BP (*p-value* < 0.05). Arah korelasi positif ditunjukkan antara parameter tersebut dengan BP, dengan tingkat korelasi yang kuat (CC > 0.5).

Tabel 4.12 Hasil Uji Korelasi BP dengan HRV Domain Waktu Kelompok *Stroke*

Blood Pressure Stroke	**MeanRR**		**SDRR**		**RMSSD**		**CVRR**	
	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.
SBP Baseline	-0.259	0.271	-0.242	0.304	0.122	0.609	-0.173	0.466
DBP Baseline	-0.093	0.696	-0.024	0.920	-0.164	0.490	0.036	0.880
SBP Tilt	0.256	0.277	0.065	0.787	0.198	0.402	0.026	0.915
DBP Tilt	0.000	1.000	-0.168	0.478	-0.229	0.332	-0.119	0.618
SBP SitEO	-0.154	0.528	0.281	0.244	0.219	0.367	0.268	0.267
DBP SitEO	0.096	0.694	0.293	0.223	0.074	0.764	0.344	0.149
SBP StandEO	-0.065	0.792	0.081	0.743	0.016	0.949	0.126	0.606
DBP StandEO	0.065	0.792	0.005	0.983	0.161	0.509	0.144	0.557
SBP SitEC	0.214	0.379	**0.481**	**0.037***	0.400	0.090	**0.461**	**0.047***
DBP SitEC	0.081	0.743	0.160	0.514	-0.030	0.904	0.158	0.519
SBP StandEC	0.381	0.119	**0.616**	**0.006***	**0.542**	**0.020***	**0.531**	**0.023***
DBP StandEC	0.201	0.423	0.143	0.570	0.088	0.729	0.132	0.601

** p-value < 0.05*

Selain parameter HRV pada domain waktu, parameter HRV pada domain frekuensi juga diuji dengan menggunakan metode yang sama. Pengujian dilakukan pada kelompok *control* maupun kelompok *stroke*. Hasil uji korelasi antara BP dengan HRV domain frekuensi pada kelompok *control* ditunjukkan pada Tabel 4.13. Sama halnya dengan hasil yang ditunjukkan pada HRV domain waktu, masing-masing parameter HRV pada domain frekuensi (VLF, LF, HF, dan LF/HF) pada kelompok *control* juga tidak ditemukan adanya korelasi dengan BP (*p-value* > 0.05).

Tabel 4.13 Hasil Uji Korelasi BP dengan HRV Domain Frekuensi Kelompok *Control*

Blood Pressure Control	**VLF**		**LF**		**HF**		**LF/HF**	
	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.
SBP Baseline	-0.006	0.980	0.146	0.539	0.325	0.162	-0.260	0.268
DBP Baseline	-0.269	0.251	-0.074	0.758	-0.027	0.910	-0.120	0.613
SBP Tilt	-0.175	0.473	-0.421	0.073	-0.295	0.221	-0.151	0.538
DBP Tilt	-0.047	0.847	-0.237	0.329	0.021	0.932	-0.298	0.215

Blood Pressure Control	VLF		LF		HF		LF/HF	
	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.
SBP SitEO	-0.244	0.362	-0.115	0.672	0.185	0.492	-0.362	0.169
DBP SitEO	-0.268	0.316	-0.062	0.820	-0.268	0.316	0.162	0.549
SBP StandEO	0.224	0.405	0.182	0.499	0.168	0.535	-0.250	0.350
DBP StandEO	-0.118	0.664	0.050	0.854	-0.235	0.380	0.226	0.399
SBP SitEC	0.335	0.204	0.071	0.795	0.312	0.240	-0.197	0.464
DBP SitEC	0.074	0.787	0.032	0.905	-0.262	0.327	0.406	0.119
SBP StandEC	-0.029	0.914	0.156	0.564	0.332	0.208	-0.422	0.103
DBP StandEC	-0.003	0.991	0.021	0.940	-0.044	0.871	0.128	0.637

Pada kelompok *stroke*, uji korelasi antara BP dengan HRV domain frekuensi menunjukkan adanya hubungan (Tabel 4.14). Nilai koefisien korelasi (CC) pada parameter LF menunjukkan angka positif dan lebih dari 0.5 menunjukkan bahwa terdapat hubungan searah yang kuat antara parameter LF dengan BP.

Tabel 4.14 Hasil Uji Korelasi BP dengan HRV Domain Frekuensi Kelompok *Stroke*

Blood Pressure Stroke	VLF		LF		HF		LF/HF	
	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.
SBP Baseline	-0.232	0.326	-0.275	0.240	-0.269	0.251	-0.002	0.995
DBP Baseline	-0.074	0.758	0.008	0.975	-0.104	0.663	0.041	0.865
SBP Tilt	-0.032	0.895	-0.179	0.450	-0.438	0.054	0.427	0.060
DBP Tilt	-0.179	0.450	-0.338	0.145	-0.385	0.094	0.183	0.439
SBP SitEO	0.200	0.412	0.246	0.311	0.200	0.412	-0.133	0.586
DBP SitEO	0.419	0.074	**0.560**	**0.013***	0.139	0.571	0.100	0.684
SBP StandEO	0.096	0.694	0.005	0.983	-0.079	0.748	0.107	0.663
DBP StandEO	-0.044	0.858	-0.346	0.147	-0.232	0.340	0.002	0.994
SBP SitEC	0.305	0.204	0.274	0.257	0.309	0.198	-0.074	0.764
DBP SitEC	0.393	0.096	0.111	0.652	-0.077	0.753	0.142	0.562
SBP StandEC	0.259	0.299	0.214	0.395	0.391	0.108	-0.259	0.299
DBP StandEC	-0.146	0.565	0.055	0.829	0.104	0.681	0.020	0.938

** p-value < 0.05*

HRV pada *Poincaré Plot* ditunjukkan dengan parameter SD1 dan SD2. Masing-masing parameter tersebut dilakukan uji korelasi terhadap BP. Pada kelompok *control*, kembali tidak ditemukan hubungan antara BP dengan kedua parameter tersebut di semua posisi. Nilai signifikansi yang ditunjukkan masih lebih dari 0.05 (*Sig.* > 0.05). Hasil uji korelasi antara BP dengan HRV *Poincaré Plot* ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Uji Korelasi BP dengan HRV *Poincaré Plot* Kelompok *Control*

Blood Pressure Control	**SD1**		**SD2**	
	CC	Sig.	CC	Sig.
SBP Baseline	0.311	0.182	0.167	0.482
DBP Baseline	-0.017	0.945	-0.045	0.850
SBP Tilt	0.298	0.215	-0.132	0.591
DBP Tilt	0.140	0.567	0.005	0.983
SBP SitEO	0.238	0.374	-0.247	0.356
DBP SitEO	-0.171	0.528	-0.268	0.316
SBP StandEO	0.126	0.641	0.047	0.863
DBP StandEO	-0.194	0.471	-0.029	0.914
SBP SitEC	0.324	0.222	0.065	0.812
DBP SitEC	-0.185	0.492	-0.035	0.897
SBP StandEC	0.147	0.587	-0.079	0.770
DBP StandEC	-0.094	0.729	-0.115	0.672

Korelasi antara BP dengan HRV *Poincaré Plot* ditemukan pada kelompok *stroke* (Tabel 4.16), dengan *p-value* dan koefisien korelasi pada parameter SD1 adalah (0.02 ± 0.542) di posisi StandEC. Korelasi yang ditunjukkan antara BP dengan SD1 bernilai positif, yang berarti bahwa keduanya memiliki hubungan searah. Nilai koefisien korelasi lebih dari 0.5 yang menunjukkan bahwa hubungan tersebut merupakan hubungan yang kuat.

Tabel 4.16 Hasil Uji Korelasi BP dengan HRV *Poincaré Plot* Kelompok *Stroke*

Blood Pressure Stroke	**SD1**		**SD2**	
	CC	Sig.	CC	Sig.
SBP Baseline	0.122	0.609	-0.352	0.128
DBP Baseline	-0.164	0.490	-0.009	0.970
SBP Tilt	0.198	0.402	-0.086	0.719
DBP Tilt	-0.229	0.332	-0.232	0.326
SBP SitEO	0.219	0.367	0.344	0.149
DBP SitEO	0.074	0.764	0.346	0.147
SBP StandEO	0.016	0.949	0.044	0.858
DBP StandEO	0.161	0.509	0.025	0.920
SBP SitEC	0.400	0.090	0.377	0.111
DBP SitEC	-0.030	0.904	0.109	0.658
SBP StandEC	**0.542**	**0.020***	0.467	0.050
DBP StandEC	0.088	0.729	0.102	0.687

** p-value < 0.05*

Berdasarkan beberapa uji korelasi yang telah dilakukan antara BP dengan HRV, korelasi yang ada hanya ditunjukkan pada kelompok *stroke*. Korelasi yang cukup kuat

terlihat pada parameter SDRR, RMSSD, CVRR, LF, dan SD1. Kelompok *control* tidak menunjukkan adanya hubungan antara BP dengan HRV.

4.1.7 Hubungan *Blood Flow Velocity* dengan *Heart Rate Variability*

Pengujian terakhir dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara *biosignal* BFV dengan HRV pada masing-masing kelompok. Hasil uji korelasi pada kelompok *control* seperti ditunjukkan pada Tabel 4.17. Hasil pada tabel tersebut menunjukkan nilai *p-value* > 0.05 di semua posisi. Hal ini berarti bahwa tidak terdapat satupun parameter HRV pada kelompok tersebut yang menunjukkan adanya hubungan dengan BFV.

Tabel 4.17 Hasil Uji Korelasi BFV dengan HRV Kelompok *Control*

HRV	Blood Flow Velocity (BFV) Control											
	Baseline		**Tilt**		**SitEO**		**StandEO**		**SitEC**		**StandEC**	
	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.
MeanRR	0.146	0.552	0.344	0.149	-0.012	0.966	0.029	0.914	-0.024	0.931	0.009	0.974
SDRR	-0.095	0.700	0.181	0.459	0.185	0.492	0.382	0.144	-0.194	0.471	0.150	0.579
RMSSD	-0.025	0.920	0.253	0.297	0.265	0.322	0.232	0.387	-0.035	0.897	0.021	0.940
CVRR	-0.295	0.220	0.035	0.887	0.347	0.188	0.456	0.076	-0.144	0.594	0.138	0.610
VLF	-0.219	0.367	0.247	0.307	0.182	0.499	0.479	0.060	-0.344	0.192	0.212	0.431
LF	-0.016	0.949	0.033	0.892	0.065	0.812	0.200	0.458	-0.024	0.931	0.291	0.274
HF	-0.196	0.420	-0.053	0.831	0.259	0.333	0.171	0.528	0.088	0.745	0.082	0.762
LF/HF	0.258	0.286	0.193	0.429	-0.191	0.478	0.015	0.957	-0.068	0.803	0.007	0.978
SD1	-0.025	0.920	0.253	0.297	0.265	0.322	0.232	0.387	-0.035	0.897	0.021	0.940
SD2	-0.116	0.637	0.074	0.764	0.156	0.564	0.371	0.158	-0.174	0.520	0.138	0.610

Hasil yang berbeda ditunjukkan pada kelompok *stroke.* Uji korelasi yang dilakukan pada kelompok *stroke* menunjukkan adanya hubungan antara BFV dengan HRV di beberapa posisi.

Tabel 4.18 Hasil Uji Korelasi BFV dengan HRV Kelompok *Stroke*

HRV	Blood Flow Velocity (BFV) Stroke											
	Baseline		**Tilt**		**SitEO**		**StandEO**		**SitEC**		**StandEC**	
	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.	CC	Sig.
MeanRR	-0.107	0.663	-0.033	0.892	0.135	0.593	0.119	0.639	0.181	0.473	0.284	0.269
SDRR	0.098	0.689	0.225	0.355	0.098	0.699	0.255	0.307	0.013	0.958	0.235	0.363
RMSSD	0.037	0.881	0.233	0.336	0.020	0.938	0.255	0.307	-0.044	0.861	0.275	0.286
CVRR	0.189	0.437	0.267	0.270	0.129	0.610	0.115	0.651	0.018	0.945	0.074	0.779
VLF	-0.032	0.898	0.382	0.106	0.307	0.216	0.094	0.711	0.055	0.829	0.414	0.098
LF	-0.037	0.881	**0.461**	**0.047***	0.245	0.328	0.317	0.200	0.160	0.526	0.140	0.593
HF	0.384	0.104	0.302	0.209	0.030	0.906	0.249	0.320	0.015	0.951	0.377	0.135
LF/HF	**-0.496**	**0.031***	-0.221	0.363	0.160	0.526	-0.061	0.810	0.183	0.468	-0.135	0.606
SD1	0.037	0.881	0.233	0.336	0.020	0.938	0.255	0.307	-0.044	0.861	0.275	0.286
SD2	0.054	0.825	0.260	0.283	0.300	0.226	0.152	0.548	0.022	0.932	-0.044	0.866

** p-value < 0.05*

Seperti ditunjukkan pada Tabel 4.18, parameter HRV yang menunjukkan adanya hubungan dengan BFV hanya terdapat pada HRV domain frekuensi (*p-value* < 0.05). Parameter HRV pada domain frekuensi yang menunjukkan adanya hubungan antara HRV dengan BFV yaitu parameter LF dan Rasio LF/HF. Hubungan ini hanya ditunjukkan pada posisi *baseline* dan *tilt.*

4.2 Pembahasan

4.2.1 *Blood Pressure* dan *Blood Flow Velocity*

Penelitian ini membandingkan rata-rata *Blood Pressure* (BP), *Blood Flov Velocity* (BFV), dan *Heart Rate Variability* (HRV) antara kelompok *control* dengan kelompok *stroke.* Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata BP pada kelompok *stroke* lebih tinggi daripada kelompok *control* di semua posisi. Hal ini sesuai dengan kenyataan bahwa BP yang tinggi juga menjadi salah satu faktor risiko yang paling umum terjadi pada penderita *stroke* (Bowry, Navalkele, & Gonzales, 2014) (Gaciong, Siński, & Lewandowski, 2013).

Mekanisme lain dari *stroke* terkait dengan hipertensi disebabkan karena tekanan mental (Carlberg, Asplund, & Hagg, 1991) dan peningkatan aktivitas simpatetik (Jansen, Schulte, Poels, & Gribnau, 1987). Perubahan posisi juga mempengaruhi hasil pengukuran pada BP. Peningkatan rata-rata BP terlihat diantara kedua kelompok, seiring dengan berubahnya posisi. Pada posisi *baseline*, BP memberikan hasil pengukuran yang lebih rendah dibandingkan pengukuran yang dilakukan pada saat duduk (*sit*) (Pickering, et al., 2005).

Meskipun BP pada kelompok *stroke* memiliki rata-rata yang lebih tinggi, bukan berarti bahwa *stroke* telah menyebabkan BP meningkat. Karena pada beberapa kasus, justru hipertensi yang kemudian menjadi faktor risiko terjadinya *stroke* (Ishikawa, et al., 2007). Namun satu hal yang pasti adalah bahwa rata-rata BP pada kelompok *stroke* memang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kelompok *control*.

Blood Flow Velocity antara sisi yang terkena *stroke* dan non-*stroke* pada subjek *stroke* telah dikonfirmasi tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada semua posisi. Begitu juga dengan subjek *control*, sisi kanan dan kiri tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Meskipun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada kedua kelompok tersebut, kelompok *stroke* menunjukkan rata-rata kedua BFV yang lebih lambat dibandingkan dengan kelompok *control* di semua posisi.

Blood Flow Velocity dipengaruhi oleh diameter pembuluh darah, elastisitas pembuluh darah, viskositas darah, dan kekuatan kontraksi otot jantung. Melemahnya BFV

pada kelompok *stroke* di penelitian ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya diameter pembuluh darah dan viskositas darah. Subjek *stroke* lebih banyak terkena pada sisi bagian kiri. Rata-rata diameter *Middle Cerebral Arteri* (MCA) yang paling besar dari kedua kelompok, juga berada di MCA kiri pada kelompok *stroke*. Semakin besar diameter pembuluh darah yang dilewati oleh darah, maka BFV juga semakin berkurang (Molnar & Gair, 2013).

Meskipun rata-rata luas penampang (diameter) pada kelompok *stroke* lebih besar, akan tetapi antara kedua kelompok *stroke* dan *control* tidak terdapat perbedaan diamater yang signifikan. Oleh karena itu diameter MCA pada penelitian ini mungkin tidak berpengaruh secara langsung terhadap lambatnya aliran darah MCA pada kelompok *stroke*.

Lambatnya BFV pada kelompok *stroke* dimungkinkan karena faktor viskositas darah. Viskositas darah memiliki pengaruh terhadap tekanan darah (Gori, et al., 2015). Tekanan darah sistole, diastole, dan *Mean Arterial Pressure* (MAP) meningkat seiring dengan meningkatnya vaskositas darah. Pada demografi subjek, tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada rata-rata sistole antara kedua kelompok. Akan tetapi rata-rata diastole pada kelompok *stroke* secara signifikan lebih tinggi daripada kelompok *control*. Karenan tekanan darah dipengaruhi oleh sistole dan diastole, maka nilai diastole yang tingginya tentunya berakibat pada meningkatnya nilai MAP. Selain itu meningkatnya MAP juga dikarekan tingginya viskositas. тingkat viskositas yang tinggi mengakibatkan melambatnya aliran darah di dalam pembuluh darah otak. Melambatnya BFV inilah yang kemudian menjadi faktor risiko pada penyakit *stroke* (Song, et al., 2017).

4.2.2 *Heart Rate Variability* dan Sistem Saraf Otonom

Demografi subjek menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok *stroke* pada indeks massa tubuh. Meskipun demikian, penelitian (Antelmi, et al., 2004) (Yadav, et al., 2017) menunjukkan bahwa indeks massa tubuh (BMI) tidak mempengaruhi *heart rate variability* pada subjek yang mengalami obesitas (*p-value* > 0.05). Mengingat obesitas merupakan faktor risiko terjadi *stroke*, maka dapat disimpulkan bahwa nilai pada masing-masing parameter HRV bukan mutlak disebabkan oleh perbedaan pada BMI.

Secara umum, HRV pada kelompok *stroke* lebih rendah dibandingkan dengan kelompok *control*. Beberapa kondisi medis yang serupa juga ditemui pada penyakit tertentu. Pasien hipertensi usia lanjut mengalami penurunan variabilitas detak jantung (Andrade, et al., 2017). Penurunan HRV secara signifikan juga ditemukan pada penderita gangguan

kejiwaan seperti skizofrenia (Moon, Lee, Kim, & Hwang, 2013) dan gangguan bipolar (Carr, Vos, & Saunders, 2018).

Menurunnya HRV pada kelompok *stroke* menandakan bahwa terdapat gangguan pada sistem saraf otonom. Rendahnya variabilitas pada kelompok *stroke* dimungkinkan oleh obstruksi batang hemisfer dan meduler yang berakibat pada rusaknya sistem otonom, sehingga terjadi kelainan pada karakteristik HRV (Korpelainen, Sotaniemi, Mäkikallio, Huikuri, & Myllylä, 1999). Penurunan aktivitas parasimpatetik pada kelompok *stroke* ditunjukkan dengan rendahnya nilai pada parameter RMSSD dan SD1. Meskipun parameter RMSSD dan SD1 antara kedua kelompok pada penelitian ini tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan di berbagai posisi, akan tetapi perbedaan secara nyata terlihat melalui parameter HF pada posisi *baseline*.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa RMSSD berkaitan dengan HF pada laki-laki pada saat tidur (Otzenberger, et al., 1998). Hubungan antara kedua parameter tersebut menunjukkan bahwa secara tidak langsung perbedaan aktivitas sistem parasimpatetik antara kelompok *stroke* dengan kelompok *control* dapat dilihat pada posisi *baseline* melalui parameter HF. Selama pengambilan nafas, pusat kardiorespirasi menghambat aliran keluar vagal sehingga menyebabkan jantung berdenyut lebih cepat (Eckberg, 1983). Denyut jantung yang lebih cepat menunjukkan frekuensi yang tinggi (HF) pada domain frekuensi.

Aktivitas sistem saraf simpatetik dan parasimpatetik berkontribusi terhadap parameter SDRR (Shaffer & Ginsberg, 2017). Chen, et al. (2008) dalam penelitiannya menemukan bahwa rendahnya SDNN pada pasien dengan sepsis dapat menjadi prediktor yang penting terkait dengan kematian pasien di rumah sakit dengan tingkat prediksi sebesar 70%. Secara umum, parameter SDRR pada kelompok *control* lebih tinggi daripada kelompok *stroke*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem saraf otonom pada kelompok *control* jauh lebih baik. Perbedaan signifikan pada parameter SDRR tersebut hanya dapat dilihat pada posisi *baseline* dan *standEO*. Disregulasi dari kontrol sistem saraf otonom berkaitan dengan tingginya saraf simpatetik dan menurunnya saraf parasimpatetik (Sztajzel, 2004).

Parameter RMSSD sebagai representasi dari aktivitas parasimpatetik menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan pada kedua kelompok. SDRR yang merupakan representasi dari sistem saraf simpatetik dan parasimpatetik, menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan diantara kelompok *stroke* dengan kelompok *control*. Jika sistem saraf parasimpatetik tidak menunjukkan adanya perbedaan, maka perbedaan yang signifikan pada SDRR pastinya disebabkan oleh aktivitas sistem saraf simpatetik.

Beberapa penelitian menunjukkan adanya hubungan antara parameter SDRR dengan parameter LF dan VLF (Bigger, et al., 1992) (Calvert & Wall, 2001) (Umetani, Singer, McCraty, & Atkinson, 1998). Hasil yang sama ditunjukkan melalui adanya perbedaan signifikan antara parameter SDRR dengan parameter LF pada posisi baseline, dan parameter SDRR dengan VLF pada posisi StandEO. Penelitian lain (Lucini, Norbiato, Clerici, & Pagani, 2002) (Lombardi & Stein, 2011) (Brosschot, van Dijk, & Thayer, 2007) juga menyebutkan bahwa tingginya aktivitas sistem saraf simpatetik pada domain frekuensi direfleksikan melalui rendahnya parameter LF. Hasil yang sama juga ditemukan pada (Silver, Markoff, Naghi, Silver, & May, 2016), yang menunjukkan bahwa rata-rata LF pada 329 pasien *fibromyalgia* (388.99 Hz) secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan 58 pasien normal (470.0 Hz).

Kelompok *control* memiliki rata-rata VLF dan LF yang lebih tinggi daripada kelompok *stroke*. Rata-rata VLF dan LF pada kelompok *control* adalah 344.93 s^2/Hz dan 206.64 s^2/Hz, sedangkan pada kelompok *stroke* adalah 165.68 s^2/Hz dan 103.37 s^2/Hz. Pada kondisi normal, subjek yang sehat memang menunjukkan adanya peningkatan VLF pada saat istirahat (McCraty, 2016). Kondisi yang sama juga ditunjukkan pada penelitian ini, dimana kelompok *stroke* memiliki rata-rata VLF dan LF yang lebih rendah dibandingkan kelompok *control*. Hal ini berarti bahwa terdapat gangguan sistem saraf parasimpatetik, yang dalam hal ini ditandai dengan tingginya aktivitas simpatetik pada kelompok *stroke*. VLF yang rendah pada saat kondisi istirahat berkaitan dengan meningkatnya inflamasi kronis (Lampert, et al., 2008) dan kematian akibat aritmia (Bigger, et al., 1992). Aktivitas saraf simpatetik yang berlebihan juga ditunjukkan pada penderita hipertensi (Verma, 2017). Beberapa faktor yang menyebabkan tingginya aktivitas simpatetik, diantaranya faktor genetik, stress, obesitas, dan tidak adanya aktivitas fisik (Esler, 2000). Pada penderita *stroke*, faktor-faktor inilah yang kemudian dapat meningkatkan aktivitas saraf simpatetik.

Aktivitas sistem saraf otonom juga dapat dilihat melalui parameter SD1 dan SD2 yang terdapat pada analisis non-linier menggunakan *Poincaré Plot*. Parameter SD1 (*short-term variability*) yang berkaitan dengan aktivitas sistem saraf parasimpatetik pada kelompok *stroke* menunjukkan rata-rata yang lebih rendah. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, meskipun kelompok *stroke* memiliki SD1 yang lebih rendah, namun tidak ditemukan perbedaan yang signifikan diantara kedua kelompok. Parameter SD2 (*long-term variability*) pada *Poincaré Plot* lebih banyak menunjukkan aktivitas dari sistem saraf simpatetik. Semakin rendah parameter SD2 menunjukkan bahwa aktivitas sistem saraf simpatetik semakin tinggi (Kamen, Krum, & Tonkin, 1996) (Tulppo, Mäkikallio, Takala, Seppänen, &

Huikuri, 1996). Kelompok *stroke* memiliki nilai SD2 yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kelompok *control*. Perbedaan yang paling signifikan terlihat pada posisi *baseline* dan *StandEO*. Hal ini sesuai dengan hasil pada analisis dengan menggunakan metode linier, bahwa peningkatan aktivitas sistem saraf simpatetik juga terlihat melalui analisis *Poincaré Plot* pada parameter SD2. Hasil pada penelitian ini sekaligus mengkonfirmasi penelitian sebelumnya (Guan, Collet, Mazowita, & Claydon, 2018), bahwa *stroke* iskemik sebagian besar ditandai dengan dominasi aktivitas sistem saraf simpatetik.

Total fungsi kerja sistem saraf otonom ditunjukkan dengan menggunakan parameter CVRR, sedangkan perubahan aktivitas saraf otonom dari simpatetik ke parasimpatetik ditunjukkan melalui parameter Rasio LF/HF. Parameter CVRR pada kelompok *stroke* memiliki rata-rata yang lebih rendah dibandingkan kelompok *control*. Perbedaan yang signifikan diantara kedua kelompok hanya ditunjukkan pada posisi *baseline*. Dengan demikian, total fungsi kerja sistem saraf otonom pada kelompok *control* lebih baik dari kelompok *stroke*, terutama terlihat pada saat posisi *baseline*. Perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok tidak terlihat pada perubahan aktivitas saraf otonom dari simpatetik ke parasimpatetik, yang dalam hal ini direpresentasikan melalui Rasio LF/HF. Hasil serupa juga ditemukan pada penelitian (Shokr, 2015) (Hammoud, Karam, Mourad, Saad, & Kurdi, 2019) mengenai efek stress terhadap HRV.

4.2.3 Hubungan *Blood Pressure, Blood Flow Velocity,* dan *Heart Rate Variability*

Terkait BP dan BFV pada kelompok *control* dan *stroke*, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada kelompok *control*, terlihat adanya hubungan kuat pada saat posisi SitEC. Korelasi negatif antara BP dan BFV pada kelompok *control* menunjukkan bahwa semakin tinggi BP, maka akan berakibat pada semakin lambatnya BFV. Mekanisme CA pada subjek yang sehat melibatkan penyesuaian cepat dari pembuluh darah otak, sehingga BFV tetap stabil dalam menanggapi perubahan BP (Chen, Hu, Stanley, Novak, & Ivanov, 2006). Pada kelompok *stroke*, tidak ada hubungan antara BP dan BFV. Dengan demikian BP dan BFV yang mempengaruhi mekanisme CA, memang telah berkurang setelah terjadinya *stroke* (Chen, Hu, Stanley, Novak, & Ivanov, 2006) (Aries, Elting, Keyser, Kremer, & Vroomen, 2010).

Pada kelompok *control* tidak ditemukan hubungan antara BP dengan HRV di semua domain. Perubahan posisi dan aktivitas fisik memang memungkinkan perubahan pada HRV, akan tetapi tidak memberikan efek yang signifikan terhadap BP (Papp, Lindfors, Storck, & Wändell, 2015). Hasil yang berbeda ditemukan pada kelompok *stroke*. Antara BP dengan

HRV (SDRR, RMSSD, CVRR, LF, SD1) ditemukan hubungan yang cukup signifikan. Aktivasi simpatetik berkontribusi dalam meningkatkan tekanan darah pada pasien hipertensi. Hal inilah yang kemudian menyebabkan tingginya tekanan darah pada kelompok *stroke*. Korelasi positif antara HRV dengan BP pada kelompok *stroke* menandakan bahwa aktivitas saraf simpatetik yang tinggi, menyebabkan BP juga meningkat.

Tidak terlihat adanya hubungan antara BFV dengan HRV pada kelompok *control*, sedangkan pada kelompok *stroke* hubungan ini terlihat pada parameter LF dan Rasio LF/HF. BFV pada bagian MCA akan meningkat seiring dengan peningkatan kerja jantung (Wahlgren, Hellström, Lindquist, & Rudehill, 1992). Meningkatkan kerja jantung merupakan salah satu bentuk kerja sistem saraf simpatetik. Korelasi positif antara kerja saraf simpatetik (LF) dengan BFV juga ditunjukkan pada penderita *stroke*. Penderita *stroke* yang lebih didominasi oleh aktivitas saraf simpatetik menunjukkan peningkatan kecepatan aliran darah untuk memenuhi suplai darah yang menuju otak. Hal ini sekaligus mengkonfirmasi penelitian (Kuo, Chern, Sheng, Wong, & Hu, 1998), bahwa mekanisme CA terkait BFV pada MCA dapat beroperasi secara efisien dalam rentang LF daripada rentang HF.

Korelasi yang ditunjukkan antara BFV dengan HRV pada penelitian ini tidak cukup kuat untuk menunjukkan mekanisme CA secara menyeluruh. Mengingat mekanisme CA yang sangat kompleks dan melibatkan banyak regulasi yang lain (seperti miogenik, neurogenik, metabolisme, dan lain-lain), maka diperlukan beberapa penelitian lebih lanjut yang melibatkan beberapa regulasi tersebut untuk dapat mengetahui mekanisme CA pada penderita *stroke*.

4.2.4 Demografi Subjek dan Penderita *Stroke* di Indonesia

Subjek pada penelitian ini mungkin memiliki beberapa perbedaan karakteristik dengan penderita *stroke* yang ada di Indonesia. Laporan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2018 menunjukkan bahwa semakin tua usia seseorang, maka tingkat prevalensi penderita *stroke* semakin tinggi (Kemenkes, 2018). Usia penderita *stroke* dengan prevalensi yang tinggi berada pada rentang 45-75 tahun. Beberapa penelitian menunjukkan hasil yang serupa terkait dengan usia penderita *stroke* iskemik di Indonesia (Usrin, Mutiara, & Yusad, 2012) (Fahrina, Sinurat, & Rambe, 2019). Subjek yang ada pada penelitian ini memiliki rata-rata usia 64 tahun (standard deviasi 10 tahun), dengan demikian demografi penelitian ini memiliki kemiripan dengan demografi penderita *stroke* iskemik yang ada di Indonesia.

Adapun jenis kelamin penderita stroke iskemik pada penelitian ini tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Sesuai dengan Riskesdas 2018, tingkat prevalensi penderita *stroke* iskemik di Indonesia memiliki rasio yang hampir sama antara laki-laki dan perempuan. Penelitian Wayunah & Saefulloh (2016), serta Munir & Ahmad (2019) juga menunjukkan hasil yang sama untuk beberapa wilayah di Indonesia. *Body Mass Index* (BMI) subjek penderita *stroke* iskemik pada penelitian ini memiliki rata-rata 28,34 dimana nilai tersebut termasuk dalam kategori obesitas. Obesitas memang menjadi salah satu faktor risiko terjadinya *stroke* iskemik, sehingga penderita *stroke* iskemik di beberapa wilayah di Indonesia juga menunjukkan demografi yang serupa (Munir & Ahmad, 2019) (Kesuma, Dharmawan, & Fatmawati, 2019).

Hipertensi menjadi salah satu faktor risiko yang sering dijumpai pada kasus *stroke* iskemik. Hampir sebagian besar profil penderita *stroke* iskemik di Indonesia mengalami hipertensi, dengan tekanan darah sistole lebih dari 140 mmHg dan tekanan diastole lebih dari 90 mmHg. Hal berbeda ditunjukkan pada demografi subjek pada penelitian ini, dimana subjek yang memiliki hipertensi parah dieksklusi untuk melihat hasil *biosignal* tekanan darah. Akan tetapi, meskipun penderita *stroke* iskemik yang memiliki hipertensi dieksklusi, hasil penelitian tetap menunjukkan bahwa tekanan darah pada subjek *stroke* iskemik tetap lebih tinggi dibandingkan kelompok normal. Kondisi ini memberikan informasi bahwa rata-rata tekanan darah pada penderita *stroke* iskemik lebih tinggi dibandingkan subjek non-*stroke*, meskipun telah dilakukan eksklusi penderita *stroke* iskemik tanpa hipertensi.

Profil penderita stroke iskemik di Indonesia menurut Laporan Riskesdas 2018 dan beberapa penelitian yang terkait, memiliki banyak kesamaan dengan demografi subjek pada penelitian ini. Dengan demikian, penelitian terkait *stroke* iskemik di Indonesia dapat dilakukan dengan menggunakan dataset sekunder dari Physionet. Komparasi demografi subjek ini sekaligus mengkonfirmasi bahwa hasil penelitian ini dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut mengenai *stroke* iskemik di Indonesia. Terutama terkait hasil analisis parameter-parameter *biosignal* yang telah dihasilkan pada penelitian ini.