

## KINERJA PENCUPLIKAN KOMPRESIF SINYAL SPARSE GERAKAN ISYARAT PADA RADAR MICROWAVE DOPPLER

P. Kurniasari<sup>1\*</sup>, C. Y. F. Andhika<sup>2</sup> dan A. H. Dalimunthe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Indralaya

<sup>2</sup> Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang

Corresponding author: [puspakurniasari@ft.unsri.ac.id](mailto:puspakurniasari@ft.unsri.ac.id)

**ABSTRAK:** Pengiriman informasi melibatkan metode pengolahan sinyal di subsistem *transmitter* atau subsistem *receiver* pada teknologi *wireless*. Pada pengolahan sinyal, *sampling* sinyal mempengaruhi komputasi pengolahan sinyal khususnya pada sparsitas sinyal keluaran sistem. Pada penelitian ini, pencuplikan kompresif digunakan untuk pengolahan sinyal gerak isyarat sejumlah kata sebagai informasi yang disampaikan objek melalui *transceiver microwave radar Doppler* sehingga pengambilan sampel dan kompresi sinyal pantulan terhadap objek yang bersifat *sparse* dapat dilakukan secara bersamaan. Hasil pengukuran kinerja pencuplikan kompresif menunjukkan amplitudo sinyal di 4 volt untuk perbandingan signal to noise 20.5866 decibel dan *mean square error* 6.5085 % di jarak lima meter antar objek dengan gerak isyarat terhadap *microwave radar Doppler*.

Kata Kunci: microwave, objek, radar, sinyal, sparsitas

**ABSTRACT:** Information transmission involves signal processing methods in the transmitter subsystem or receiver subsystem in wireless technology. In signal processing, signal sampling affects the computation of signal processing, especially on the sparsity of the system output signal. In this research, compressive sampling is used for processing signal motion signals of a number of words as information conveyed by objects through a Doppler radar microwave transceiver so that sampling and compression of reflected signals against sparse objects can be carried out simultaneously. The results of the measurement of the performance of compressive sampling show a 4 volt signal amplitude with the highest signal to noise ratio of 20.5866 decibels and mean square error of 6.5085 % at a distance of five meters between objects with gestures against microwave radar Doppler.

Keywords: microwave, object, radar, signal, sparsity

### PENDAHULUAN

Informasi merupakan sekumpulan data yang dikirimkan oleh sumber ke tujuan. Interpretasi informasi dalam perkembangan teknologi yaitu berupa *speech*, tulisan teks, gambar dan video termasuk informasi suatu objek benda dalam jangkauan jarak tertentu. Ditinjau dari bidang elektrik khususnya telekomunikasi, pengiriman informasi membutuhkan sinyal untuk membawa informasi antar divais elektronik. Sinyal gelombang elektromagnetik pembawa informasi yang digunakan untuk komunikasi antar *transceiver* berbasis pada gelombang mikro (*microwave*). Pemanfaatan sinyal gelombang mikro sebagai media pengiriman informasi

diwujudkan melalui teknologi *wireless* yang selalu berkembang pesat dalam mendukung kegiatan keseharian masyarakat. Salah satu teknologi *wireless* dalam lingkup telekomunikasi untuk perpindahan informasi adalah *radio detection and ranging* atau radar.

Radar bekerja menggunakan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi dan mengenali keberadaan objek yang dipengaruhi faktor – faktor diantaranya jarak, pergerakan objek, posisi, *line of sight*. Jenis radar yang mengukur pergerakan objek dan gerakan pada objek menurut efek *Doppler* yaitu radar *Doppler*. Efek *Doppler* menghasilkan perubahan frekuensi *Doppler* ketika objek mendekati atau menjauhi

posisi radar dan meliputi juga gerakan yang dilakukan objek pada posisi garis lurus terhadap radar. Sinyal pantulan dari objek yang dituju oleh perangkat radar digunakan untuk mendeteksi kehadiran objek melalui perubahan amplitudo dan frekuensi. Dalam kebutuhan informasi mengenai objek yang selanjutnya ditransmisikan oleh radar ke perangkat elektronis lainnya maka ada skema pengolahan sinyal pada subsistem penerima atau *receiver* dan subsistem pengirim atau *transmitter*. Berbagai metode pengolahan sinyal digunakan untuk mengatasi derau atau *noise* yang mempengaruhi sinyal saat merambat melalui kanal udara selain itu sumber *noise* lainnya yaitu berasal dari *noise thermal* perangkat – perangkat yang digunakan. *Sampling* sinyal merupakan tahap penting dalam pengolahan sinyal dalam waktu proses komputasi sinyal untuk kemudian dilanjutkan dengan kompresi dan rekonstruksi. Pengukuran *sample* sinyal yang terjadi setiap detik menjadi acuan untuk dapat diterapkannya pendekatan pengolahan sinyal pada kerja perangkat *wireless* karena mempengaruhi kualitas sinyal, *bandwidth* dan efisiensi rekonstruksi sinyal. Berdasarkan permasalahan tersebut, pada penelitian ini diaplikasikan teknik pencuplikan kompresif untuk mengolah sinyal refleksi dari gerakan objek pada aplikasi kerja radar *Doppler*. Metode pencuplikan kompresif memungkinkan terjadi rekonstruksi sinyal atau isyarat analog dari *sampling* digital jika sinyal analog *sparse* dengan representasi mendekati nol atau bernilai nol (Ariananda 2018). Kompresi sinyal dan rekonstruksi sinyal *sparse* terjadi dalam satu proses pada pencuplikan kompresif ini. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan kompresi sinyal informasi data gerakan objek dan rekonstruksi untuk kualitas sinyal gerakan objek melalui pencuplikan kompresif sehingga efisiensi pengiriman sinyal atau transmisinya dapat dicapai.

Pencuplikan kompresif dapat mengolah data audio dalam format WAV melalui kompresi tanpa ada penurunan kualitas dan kapasitas audio (Gumelar et al. 2020). Dalam penelitian (Mulia et al. 2019), radar dengan efek *Doppler* telah diaplikasikan untuk sistem adaptif suatu kecepatan kendaraan, sedangkan *gesture* tubuh untuk komunikasi interaksi yang digunakan oleh tunarungu (Kurniasih et al. 2020) secara khusus dapat dikategorikan dalam suatu gerakan isyarat. Dengan demikian, pada penelitian ini pencuplikan kompresif digunakan untuk mengolah sinyal refleksi dari pembacaan gerak isyarat *gesture* oleh radar *Doppler*.

## METODE PENELITIAN

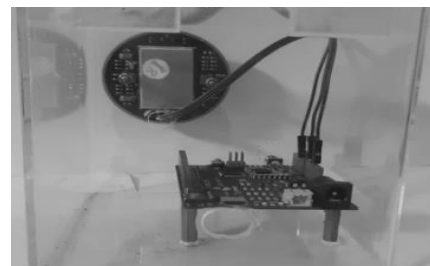
Urutan metode – metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu persiapan perangkat radar *Doppler* untuk pembacaan lingkungan *indoor* sekitar dari jarak posisi letak radar dan objek yang dideteksi. Selanjutnya

persiapan objek yaitu objek manusia dan persiapan gerakan isyarat melalui gerakan tangan dalam menyampaikan informasi kata atau kalimat. Standar sistem gerak isyarat yang digunakan adalah Sistem Isyarat Bahasa Indonesia atau SIBI (Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus 2022). Radar *Doppler* dihadapkan pada satu garis lurus terhadap objek manusia yang memperagakan gerak isyarat kata atau kalimat dalam bahasa Indonesia. *Transmitter* radar memancarkan gelombang menuju objek dan gerakan objek tersebut sehingga diperoleh sinyal pantulan dari objek ke *receiver*. Perangkat osiloskop mengukur tingkat amplitudo dan sejumlah siklus gelombang yang terjadi dari penerimaan *receiver*. Jarak objek dengan radar *Doppler* menggunakan jarak satu meter, dua meter, tiga meter, empat meter dan lima meter. Setelah itu dilanjutkan tahap penerapan teknik pencuplikan kompresif untuk pengolahan sinyal pantulan di jangkauan jarak yang berbeda dimana *sampling* sinyal diambil dari panjang sinyal yang diukur oleh osiloskop dan dikompresi serta direkonstruksi. Pencuplikan kompresif ini dibantu oleh perangkat lunak MatLab untuk tujuan pengolahan sinyal pantulan gerak isyarat dari objek.

Keluaran hasil pengukuran dan pengolahan sinyal dengan melalui pencuplikan kompresif diamati kinerjanya menurut puncak amplitudo sinyal sebelum kompresi dan setelah kompresi. Pada tahap berikutnya, parameter uji kinerja melalui dominasi sinyal terhadap *noise* juga menjadi ukuran pencapaian kinerja pencuplikan kompresif yaitu perbandingan rasio sinyal asli dari pantulan gerakan objek terhadap derau yaitu rasio *signal to noise* (Ramadhan 2021). Dari pencuplikan kompresif di tahap akhir, hasil sinyal sebagai estimasi sinyal lalu diukur rata-rata *error* (Ramadhan 2021) sinyal saat transmisi dan hasil estimasi dari pencuplikan kompresif.

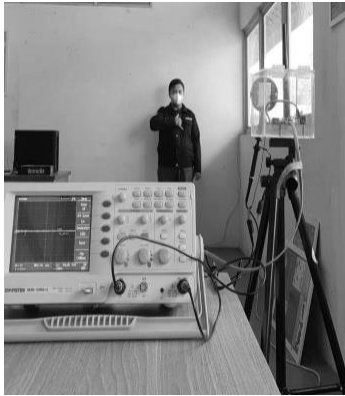
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat pada Gambar 1 diletakkan satu garis lurus berhadapan dengan objek saat memperagakan gerak isyarat bahasa.



Gambar 1 Perangkat puwarupa radar *microwave Doppler*.

Rentang frekuensi untuk operasional radar *Doppler* berada di pita frekuensi *X-band* dari spektrum elektromagnetik yaitu antara 8 sampai dengan 12 GHz. *Transceiver* pada radar *Doppler* menghadap ke arah objek dan objek pun menghadap ke arah *transceiver* seperti pada Gambar 2 dalam jarak satu meter, dua meter, tiga meter, empat meter dan lima meter.



Gambar 2 Posisi gerak objek terhadap radar *Doppler*.

Objek menyampaikan informasi isyarat kalimat atau kata menggunakan gerakan tangan. Gerakan tangan isyarat ini berdasarkan gerak isyarat Sistem Isyarat Bahasa Indonesia seperti pada Gambar 3



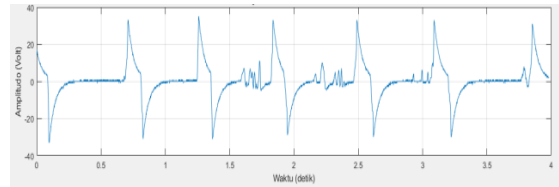
Gambar 3 Gerak isyarat huruf abjad (Rianto dan Sujana 2019).

Gerak bahasa isyarat yang digunakan pada pengujian ini terdiri dari tiga kalimat dengan spesifikasi jumlah gerakan seperti pada tabel 1

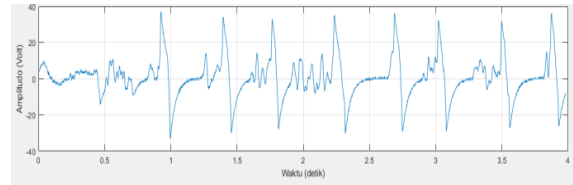
Tabel 1 Kalimat Untuk Gerakan Isyarat Bahasa

No.	Kalimat	Jumlah Gerak Isyarat
1.	a+n+i me+lempar bola ke atas	8
2.	maaf, siapa nama anda ?	4
3.	budi ber+bicara tentang pe+didik+an	7

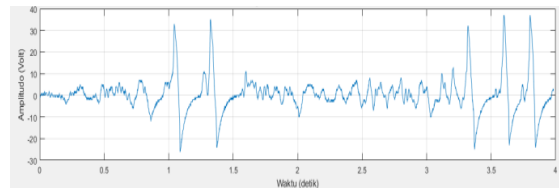
Gelombang yang diradiasikan oleh *transmitter* radar *Doppler* merefleksikan gerakan tangan sebagai simbol isyarat ketika memperagakan kalimat pada tabel 1. Salah satu kalimat pada tabel 1 yaitu ‘ani melempar bola ke atas’ menunjukkan hasil pembacaan gerakan isyarat tangan untuk penyampaian komunikasi bahasa dalam bentuk sinyal asli yang diperoleh seperti pada gambar 4(a),4(b),4(c),4(d) dan 4(e) yaitu



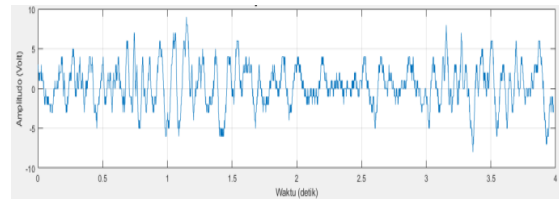
Gambar 4a Pembacaan sinyal pada jarak satu meter.



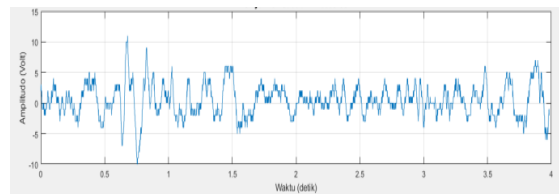
Gambar 4b Pembacaan sinyal pada jarak dua meter.



Gambar 4c Pembacaan sinyal pada jarak tiga meter.



Gambar 4d Pembacaan sinyal pada jarak empat meter.



Gambar 4e Pembacaan sinyal pada jarak lima meter.

Hasil pembacaan sinyal menunjukkan adanya perubahan sinyal terhadap waktu atau berada pada wilayah waktu. Gelombang sinyal pada Gambar 4(a) sampai dengan 4(e)

berikutnya diolah melalui pencuplikan kompresif dengan pengambilan *sample* sinyal hasil pembacaan radar *doppler* dengan menggunakan matriks ukur sehingga terjadi kompresi sinyal dan rekonstruksi sinyal. Sinyal *sparse* pada setiap jarak yang diuji menunjukkan perbedaan jumlah frekuensi gelombang dan ketinggian amplitudo. *Sample* sinyal gerak objek diambil oleh matriks ukur  $M \times N$  di  $3500 \times 3500$  yaitu matriks  $A$  dan sinyal pantulan memiliki matriks  $n \times 1$  di  $3500 \times 1$  yaitu matriks  $x$  sehingga kompresi menjadi  $3500 \times 1$  atau sama dengan  $Y$  berdasarkan persamaan 1, persamaan 2 untuk persyaratan matriks  $A$  dan persamaan 3 untuk kontruksi kembali sinyal yang diolah dengan  $\delta_s$  ialah suatu bilangan (Purnamasari dan Suksmono 2019)

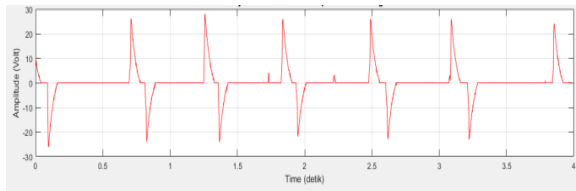
$$Y = A.x \tag{1}$$

dimana

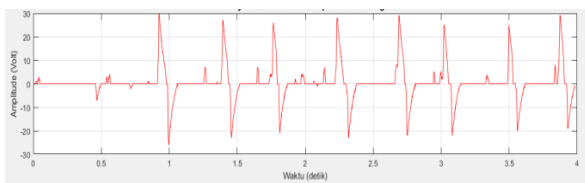
$$(1 - \delta_s)|x|_2 \leq |A_x|_2 \leq (1 + \delta_s)|x|_2 \tag{2}$$

$$x = \arg \min |x| \tag{3}$$

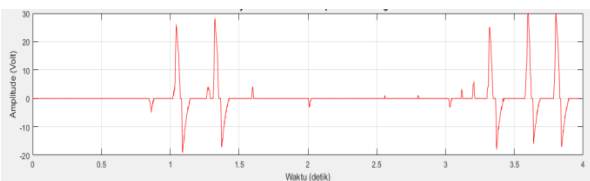
Dengan demikian, hasil pengolahan sinyal menggunakan pencuplikan kompresif seperti pada Gambar 5(a), 5(b),5(c),5(d) dan 5(e)



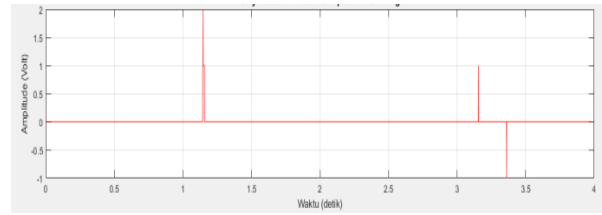
Gambar 5a Hasil pencuplikan kompresif sinyal pada jarak satu meter.



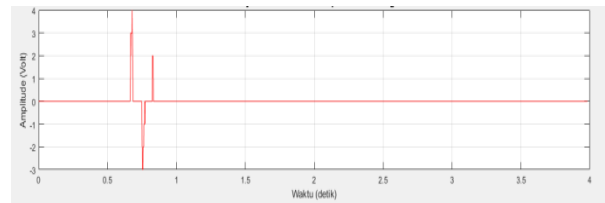
Gambar 5b Hasil pencuplikan kompresif sinyal pada jarak dua meter.



Gambar 5c Hasil pencuplikan kompresif sinyal pada jarak tiga meter.



Gambar 5d Hasil pencuplikan kompresif sinyal pada jarak empat meter.



Gambar 5e Hasil pencuplikan kompresif sinyal pada jarak lima meter.

Kompresi dan rekonstruksi sinyal dari pencuplikan kompresif menghasilkan perubahan ketinggian amplitudo pada sinyal keluaran gerak isyarat setiap kalimat pada pengujian seperti pada tabel 2 tetapi keluaran gelombang sinyal gerakan isyarat sebagai estimasi sinyal setelah pencuplikan kompresif tidak mengalami perubahan pola gelombang berdasarkan panjang sinyal ketika dibandingkan dengan sinyal asli sebelum dilakukan pencuplikan kompresif. Dari pengamatan tabel 2, semakin jauh jarak antara gerakan isyarat objek dengan purwarupa radar *Doppler* maka amplitudo sebelum dan setelah pengolahan sinyal secara kompresif cenderung mengalami penurunan amplitudo.

Tabel 2 Amplitudo Hasil Pencuplikan Kompresif

No.	Kalimat Gerakan Isyarat	Jarak	Amplitudo Sinyal Asli	Amplitudo Kompresif
1.	ani melempar bola ke atas	1 meter	33 volt	24 volt
		2 meter	37 volt	30 volt
		3 meter	37 volt	30 volt
		4 meter	9 volt	2 volt
		5 meter	11 volt	4 volt
2.	maaf, siapa nama anda ?	1 meter	42 volt	36 volt
		2 meter	40 volt	32,8 volt
		3 meter	36 volt	29 volt
		4 meter	31 volt	24 volt

		meter		
		5 meter	32 volt	25 volt
3.	budi berbicara tentang pendidikan	1 meter	42 volt	35 volt
		2 meter	39 volt	32 volt
		3 meter	36 volt	29 volt
		4 meter	10 volt	3 volt
		5 meter	42 volt	35 volt

dan pada tabel 3 menunjukkan hasil estimasi sinyal hasil pencuplikan kompresif yang diukur melalui pengukuran kinerja sinyal terima setelah pencuplikan kompresif. Hasil perbandingan atau rasio sinyal terhadap *noise* pada jarak empat meter dan lima meter diperoleh hasil rasio lebih besar dari 20 dB dengan menghasilkan sinyal *sparse* pada amplitudo tertinggi saat ada gerakan isyarat dan kondisi lainnya bernilai sama dengan nol dan *mean square error* di rentang lebih kecil dari 10% pada jarak empat meter dan lima meter dimana untuk nilai terendah *mean square error* diperoleh hasil 6,5085%.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Sinyal Terhadap *Noise* dari Pencuplikan Kompresif

No.	Kalimat	Jarak	Rasio Sinyal Terhadap <i>Noise</i>	<i>Mean Square Error</i>
1.	ani melempar bola ke atas	1 meter	3,8478 decibel	17,625 %
		2 meter	3,8006 decibel	23,939 %
		3 meter	4,2089 decibel	16,589 %
		4 meter	31,8398 decibel	6,8406 %
		5 meter	20,5866 decibel	6,5085 %
2.	maaf, siapa nama anda ?	1 meter	3,47 decibel	25,268 %
		2 meter	1,6206 decibel	33,506 %
		3 meter	4,2306 decibel	16,483 %
		4 meter	6,9771 decibel	11,728 %
		5 meter	6,2871 decibel	8,852 %
3.	budi berbicara tentang pendidikan	1 meter	3,1803 decibel	22,502 %
		2 meter	3,7865 decibel	24,849 %
		3 meter	4,0765 decibel	17,268 %

		meter	decibel	%
		4 meter	23,9274 decibel	10,890 %
		5 meter	24,6274 decibel	6,8486 %

### KESIMPULAN

Metode pencuplikan kompresif telah berhasil melakukan kompresi dan rekonstruksi sinyal gerakan isyarat dari kalimat atau kumpulan kata dalam bahasa Indonesia. Amplitudo sinyal setiap kalimat mengalami perubahan level tegangan tetapi estimasi sinyal gerakan isyarat dari objek hasil dari pencuplikan kompresif masih menunjukkan kesamaan pola dengan gelombang sinyal asli. Dari hasil pengukuran kinerja sinyal setelah melalui pencuplikan kompresif menunjukkan perbandingan *signal to noise* di 20.5866 *decibel* dan *mean square error* paling rendah pada 6.5085 % untuk pembacaan sinyal gerakan dengan jarak lima meter dari objek di amplitudo 4 volt. Selain itu, estimasi sinyal hasil pencuplikan kompresif telah dapat diperoleh dari sinyal *sparse* gerakan isyarat yang disampaikan objek.

### DAFTAR PUSTAKA

Ariananda, D., D.,(2018). Estimasi Rapat Spektral Daya Berbasiskan Compressive Sampling. Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi. Vol. 7, No. 4, Universitas Gadjah Mada, November 2018: 427-436.

Gumelar. R., N., Raharjo, J., dan Safitri, I.,(2020). Analisis Kompresi Nada Seruling Menggunakan Compressive Sensing Dengan Metode Discrete Fourier Transform dan Stationary Wavelet Transform. e-Proceeding of Engineering, Vol. 7, No. 2, Agustus 2020: 3225-3232.

Kurniasih, M., D., Darojati, H., Waluya, S., B., dan Rocmad,(2020). Analisis Gesture Siswa Tunarungu dalam Belajar Matematika Ditinjau Dari Gender. JKPM (Jurnal Kajian Pendidikan Matematika), Vol. 5 (2):175-182.

Mulia, I., Away, Y., dan Rahman, A.,(2019).Desain Purwarupa Peralatan Pembatas Kecepatan Kendaraan Secara Adaptif Menggunakan Sensor Radar HB 100 Berbasis Mikrokontroler ATmega328P.KITEKTRO (Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro), Vol. 4, No. 3:38-43.

Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus (PMPK) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.(2022).Available:[Online].<https://pmpk.ke mdikbud.go.id/sibi/profil> (diakses tanggal 11 Juli 2022).

- Purnamasari, R., Suksmono, A., B.,(2019).Compressive Sampling untuk Sinyal Beat Radar Cuaca via Discrete Cosine Transform (DCT).Elkomnika: Jurnal Teknik Energi Listrik, Teknik Telekomunikasi & Teknik Elektronika, Vol. 7, No. 2:238-252.
- Ramadhan, F.,(2021).Perancangan Sistem Pemrosesan Sinyal Isyarat Bahasa Indonesia Menggunakan Compressive Sampling Pada Radar Doppler X-Band. Skripsi, Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Indonesia.
- Rianto, P., P., dan Sujana, A., P.,(2019).Perancangan Aplikasi Pembelajaran Bahasa Isyarat Untuk Tuna Rungu Berbasis Android.Komputika: Jurnal Sistem Komputer, Vol. 8, No. 2, Oktober 2019:59-63.