

**ALAT UJI KANDUNGAN GULA DAN GARAM PADA CAIRAN,
BERBASIS KAPASITOR PELAT SEJAJAR**

***SUGAR AND SALT CONTENT TESTING TOOL IN LIQUIDS, BASED ON PARALLEL
PLATE CAPACITORS***

Bambang Murdaka Eka Jati*, Departemen Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta,
Indonesia

Intan Puspita Christiana, Departemen Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta,
Indonesia

Husna Almaida, Departemen Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: b_murdaka@ugm.ac.id (corresponding author)

Abstrak. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh semakin diperlukannya alat ukur besaran fisika pada cairan (termasuk cairan tubuh manusia guna mengkarakterisasi kondisi kesehatan seseorang) dalam volume kecil. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk dapat membuat alat pantau konsentrasi gula dan konsentrasi garam di dalam air berbasis kapasitor pelat sejajar yang berkeluaran tegangan (dalam volt). Adapun manfaat dari alat buatan sendiri ini adalah untuk dapat menentukan konsentrasi gula ataupun garam pada cairan tubuh secara elektronis. Metode penelitian, dibuat sistem yang memuat pelat bundar sejajar berdiameter 2 cm yang terhubung dengan baterai dan tahanan. Di antara kedua pelat bundar tersebut diletakkan larutan gula atau larutan garam yang berperan sebagai dielektrik. Karakterisasi alat ini melibatkan 3 jenis variabel yaitu: lama waktu operasi, jarak antarpelat sejajar, dan konsentrasi larutan gula atau larutan garam. Dicari hubungan ketiga variabel itu secara parsial terhadap nilai tegangan keluarannya. Akhirnya, dipilih lama operasi 10 s dan jarak antarpelat 1 cm (volume cairan 31,4 ml), serta diperoleh pola hubungan linier antara tegangan keluaran sistem kapasitor itu terhadap konsentrasi gula atau garam di dalam larutan.

Kata Kunci: *kapasitor pelat sejajar, konsentrasi gula-garam, volume kecil, tegangan*

Abstract. This research is motivated by the increasing need for instruments to measure physical quantities in liquids (including human body fluids to characterize a person's health condition) in small volumes. The aim of this research is to be able to create a tool for appropriate sugar concentration and salt concentration in water based on parallel plate capacitors that output voltage (in volts). The benefits of this homemade tool is used to determine the concentration of sugar or salt in body fluids electronically. In the reseach method a system is created that contains parallel round plates with a diameter of 2 cm connected to a battery and a resistance which acts a dielectric, The characterization of this device involves 3 types of variables, namely the duration of operation, the distance between parallel plate, and the concentration of the sugar solution or salt solution. The relationship between this variables is searched partially for the output voltage value. Finally, the operation time is 10 s and the distance between the

plates 1 cm (liquid volume 31.4 ml), and linear relationship pattern was obtained between the output voltage of the capacitor system and concentration of sugar or salt in the solution.

Keywords: *parallel plate capacitor, sugar-salt concentration, small volume, voltage*

PENDAHULUAN

Saat ini, perkembangan teknologi alat kesehatan berlangsung cepat. Alat kesehatan itu, pada umumnya, berupa alat ukur besaran fisika yang berkaitan dengan indikator kesehatan seseorang (Jati et al., 2006; Jati & Rizkiana, 2015). Pada umumnya, teknologi alat kesehatan berorientasi elektronis dan proses pemakaiannya secara non-invasif. Produk teknologi bersifat elektronis lebih dipilih konsumen sebab pemakaiannya praktis. Hasil pantauannya dapat langsung dilihat, disimpan, ataupun dicetak. Bersifat non-invasif lebih dipilih sebab bersifat aman, karena pengukuran dari luar tubuh dengan tanpa merusak jaringan tubuh (Jati, 2020; Maqbool, 2018; Nichols, 2019).

Salah satu jenis alat ukur yang berperan sebagai alat kesehatan dan diperlukan saat ini adalah alat ukur konsentrasi garam dan konsentrasi gula pada cairan tubuh (Dunn, 2005; Hermawati et al., 2013; Jati et al., 2010). Konsentrasi garam dan gula pada cairan tubuh berkaitan dengan indikator kesehatan seseorang. Hal itu dapat dipantau secara kualitatif ataupun kuantitatif. Secara kualitatif, pada orang sehat, ingus mengandung garam dan bukan gula. Namun, jika ingus seseorang diserbui semut maka itu pertanda bahwa orang tersebut boleh jadi sebagai penderita diabetes. Secara kuantitatif, keberadaan gula dan garam di dalam cairan tubuh dipantau melalui pelibatan alat ukur, tentunya bersifat obyektif sehingga lebih akurat dan presisi jika dibanding secara kualitatif (Sinclair, 2001; Yusbani, 2012).

Konsisten dengan latarbelakang di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat model alat pantau konsentrasi garam dan gula pada cairan tubuh yang berlandaskan tegangan keluaran pada sistem kapasitor pelat sejajar. Berhubung dimaksudkan untuk bahan uji berupa cairan tubuh maka sampel ujinya terjadi pada volume kecil, dan itu terjadi pada suhu kamar. Nilai konsentrasi gula dan konsentrasi garam di dalam larutan itu ditampilkan dalam bentuk nilai tegangan searah (DC) dalam volt (Cristescu et al., 2002; Rosa & Angel, 2020).

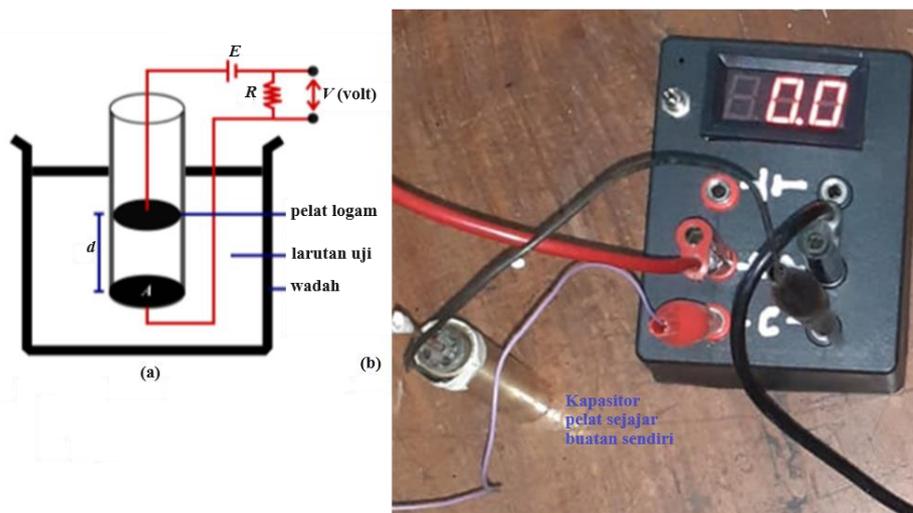
Adapun faedah dari keluaran penelitian ini, terbedakan dua faedah, yaitu faedah jangka pendek dan jangka panjang. Faedah jangka pendek, sebagai sarana edukasi sehingga diperoleh topik praktikum baru. Namun, pada tujuan jangka panjang adalah untuk dapat dihasilkan prototipe alat ukur konsentrasi gula dan garam dari cairan tubuh. Pada faedah jangka panjang, hal tersebut dapat diproduksi (hilirisasi) sehingga perlu dilengkapi pula sarana kode etik dan standarisasinya (Sariyerli et al., 2018).

METODE

Penelitian ini dilakukan melalui sejumlah langkah kerja, dimulai dari desain alat, dilanjutkan: pembuatan alat, karakterisasi alat, dan diakhiri pengujian alat. Alat yang dibuat menggunakan sumber arus searah (diuji kestabilannya), resistor bernilai tetap sebagai penyetabil tegangan keluaran, dan voltmeter sebagai pengukur tegangan keluaran. Adapun bahan uji yang digunakan (larutan gula dan larutan garam pada beragam konsentrasi) pada

volume kecil dan bertekanan udara luar, yang prospektif untuk uji kandungan gula dan garam pada cairan tubuh.

Dibuat set-up kapasitor pelat sejajar (diameter 2,0 cm) pada tabung gelas berlubang dan jarak antarpelat d (dalam cm) yang nilainya divariasikan. Setiap kapasitor pelat sejajar tersebut dihubungkan dengan baterai (E), tahanan (R), dan kapasitor (C) sebagai penyetabil sinyal (diperlihatkan pada Gambar 1) sehingga memberikan tegangan keluaran (V). Berikutnya, dipilih larutan garam dan larutan gula sebagai cairan isian yang divariasikan konsentrasinya.



Gambar 1. (a) Bagan alat yang dibuat dan dikarakterisasi, (b) potret alat uji kandungan gula-garam berbasis kapasitor pelat sejajar.

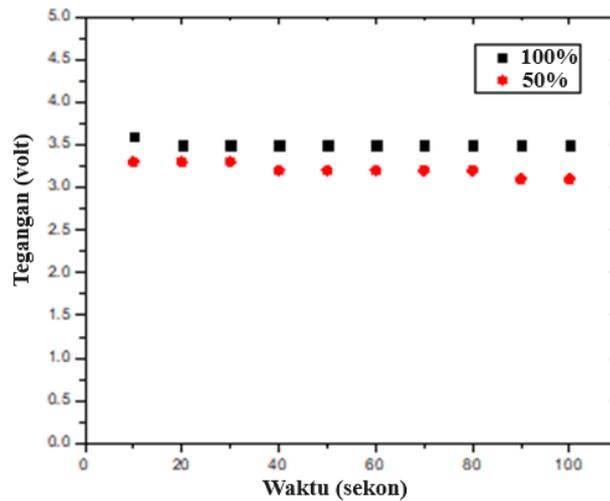
Karakterisasi alat dilakukan dengan melibatkan 3 variabel, yaitu: lama pengukuran (t), volume zat cair isian (dinyatakan dalam d), dan konsentrasi larutan (K). Konsentrasi larutan garam atau larutan gula didefinisikan sebagai 100% adalah 40 gram garam atau gula yang dilarutkan pada 100 ml aquades (H_2O). Karakterisasinya dilakukan secara parsial, yaitu dicari V fungsi t (pada nilai d dan K tetap), V fungsi d (ketika t dan K tetap), dan V fungsi K (ketika t dan d tetap).

Dari karakterisasi itu dapat dipilih nilai t dan d yang paling menguntungkan untuk eksperimen selanjutnya. Selanjutnya, diplot V sebagai fungsi K baik untuk larutan garam maupun pada larutan gula. Dari pemilihan nilai d tersebut maka dapat diketahui bahwa volume cairan hanya beberapa ml sehingga alat itu dapat digunakan sebagai sarana uji konsentrasi garam ataupun gula pada cairan tubuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

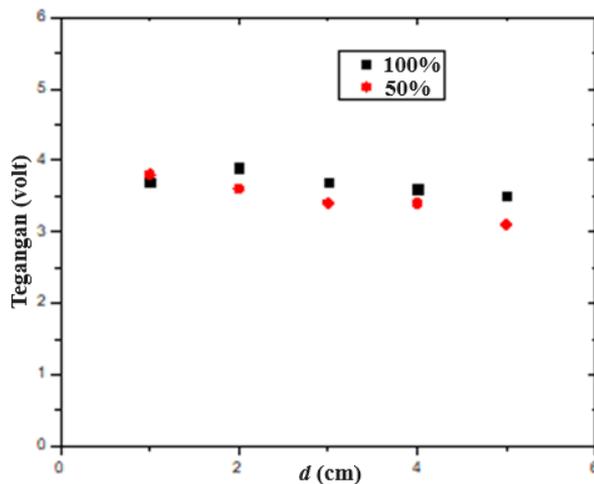
Nilai tegangan keluaran sistem kapasitif (V) bergantung pada 3 variabel yaitu: selang waktu ukur (t), tinggi larutan (setara dengan volume larutan) d , dan konsentrasi garam atau gula (K). Pada kondisi ini, dicari hubungan V terhadap K sehingga diperoleh V yang paling efektif dan peka pada nilai t dan d yang dipilih. Terkait hal itu maka diperoleh 5 informasi, yaitu informasi-1 hingga 3 untuk larutan garam sedangkan informasi-4 dan 5 untuk larutan gula.

Pertama, diperoleh informasi kestabilan V terhadap t yang diujicobakan pada K bernilai 50% dan 100%, ketika $d = 1$ cm. Hasilnya diperlihatkan pada Gambar 2. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa V hampir statis terhadap variasi t . Dari hasil tersebut dapat dipilih waktu eksperimen (t) yang paling efisien yaitu 10 s.



Gambar 2. Grafik kestabilan tegangan keluaran sistem kapasitor pelat sejajar, pada $d = 1$ cm.

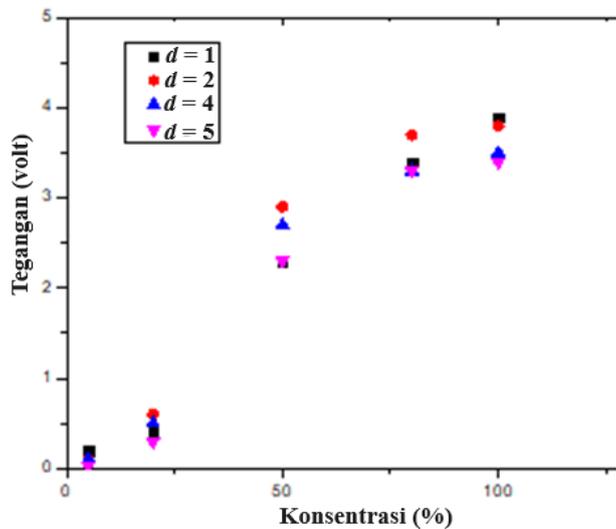
Kedua, diperoleh informasi nilai efektivitas V terhadap tinggi cairan d , yang terjadi pada $t = 10$ s. Hal itu diperlihatkan pada Gambar 3, bahwa V cenderung merosot ketika nilai d lebih besar. Hal tersebut menunjukkan nilai V lebih peka ketika $d = 1$ cm, berhubung diameter penampang kapasitor 2,0 cm maka volume cairan tersebut adalah $\frac{\pi}{4}(2)^2(1) = 31,4$ ml, serta nilai volume itu termasuk volume kecil.



Gambar 3. Grafik hubungan antara tegangan keluaran sistem kapasitif terhadap volume cairan (dinyatakan dalam d), pada $t = 10$ s.

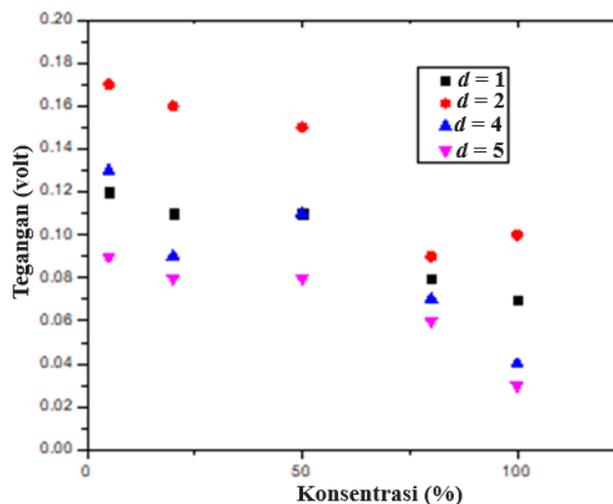
Ketiga, diperoleh informasi kesetaraan antara tegangan keluaran pada sistem kapasitif (V) terhadap konsentrasi larutan garam (K) dalam bentuk hubungan kesebandingan (Gambar 4). Itu terjadi karena cairan uji (larutan garam atau gula) berperan sebagai dielektrik pada $d (= 1$ cm) oleh variasi konsentrasi yang menyebabkan nilai kapasitas kapasitor pun berubah sehingga nilai V juga berubah. Berdasar kesetaraan itu maka dapat dicari nilai konsentrasi

garam dalam aquades berdasar nilai tegangan yang dihasilkan oleh sistem kapasitif itu. Pola garis kesetaraan itu memperlihatkan (pada $d = 1$ cm) garis lebih linier dibanding pada $d = 2, 4,$ dan 5 cm, tetapi tidak peka oleh perubahan K pada konsentrasi rendah.



Gambar 4. Grafik hubungan antara tegangan keluaran sistem kapasitif terhadap konsentrasi larutan garam pada sejumlah volume, pada $t = 10$ s.

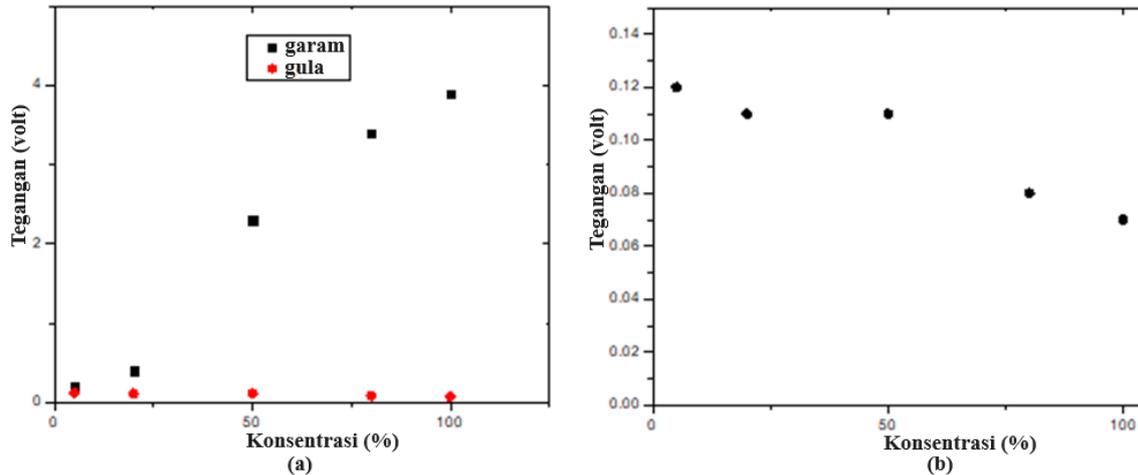
Keempat, serupa dengan hasil eksperimen pada Gambar 4 (larutan garam), hanya saja hal tersebut diterapkan pada larutan gula. Diperoleh hasil V merosot oleh bertambahnya K , tegangan keluaran V paling peka pada $d = 1$ cm (Gambar-5). Hasil itu memberi makna bahwa larutan gula (non-elektrolit) semakin besar konsentrasinya justru memperkecil nilai kapasitas kapasitor tersebut.



Gambar 5. Grafik hubungan antara tegangan keluaran sistem kapasitif terhadap konsentrasi larutan gula pada sejumlah volume, pada $t = 10$ s.

Kelima, pada pemilihan ($t = 10$ s dan $d = 1$ cm) yang dipandang paling menguntungkan digunakan pada plot grafik antara V terhadap K baik pada larutan garam maupun larutan gula (Gambar 6). Hasil itu memperlihatkan adanya kesetaraan antara V terhadap K , hanya saja polanya berbeda. Pada larutan garam (berperan sebagai dielektrik-elektrolit) memberikan V sebanding terhadap K , sedangkan pada larutan gula (berperan sebagai dielektrik-non-elektrolit)

justru V merosot oleh K yang semakin besar. Kedua grafik itu menghasilkan pola kesetaraan V terhadap K , hanya saja selain polanya berbeda tetapi juga kepekaannya berbeda. Kepekaan V terhadap K pada larutan garam lebih besar daripada larutan gula. Namun keuntungannya, pada larutan gula mampu memberikan V lebih peka ketika konsentrasi gula bernilai kecil. Hal ini menunjukkan bahwa metode sistem kapasitif ini dapat dimanfaatkan untuk menentukan konsentrasi garam dan gula pada cairan tubuh dalam larutan berorde kecil, misalnya konsentrasi garam di dalam ingus atau konsentrasi gula di dalam darah.



Gambar 6. (a) Grafik kesetaraan antara tegangan keluaran terhadap konsentrasinya pada $t = 10$ s dan $d = 1$ cm, pada larutan garam bersifat lebih peka, tetapi pada larutan gula justru paling peka ketika konsentrasinya kecil, (b) khusus untuk larutan gula.

SIMPULAN

Hasil analisis yang diperoleh yaitu pada citra yang tidak ditambah dengan media kontras menghasilkan rata-rata nilai MTF, SNR, dan CNR sebesar 0,57; 8,12; dan 2,70. Kemudian pada citra yang ditambah dengan media kontras didapatkan rata-rata nilai MTF, SNR, dan CNR secara berturut-turut sebesar 1,01; 10,49; dan 6,07. Kualitas citra CT scan mengalami peningkatan pada nilai MTF, SNR, dan CNR setelah ditambah dengan media kontras. Pada analisis MTF kualitas citra mengalami peningkatan sebesar 77%, sedangkan pada analisis SNR dan CNR kualitas citra CT Scan mengalami peningkatan sebesar 29% dan 125%. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan media kontras sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 300 mg/ml dapat menghasilkan kualitas citra yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Sdr. Junaidi dan Sdr. Supriyanto atas layanannya di laboratorium Fisika Dasar. Juga diucapkan terimakasih kepada Sdr. Jamhari yang karya bengkelnya telah berhasil membuat sarana eksperimen penulis. Penelitian ini terkait erat dengan tugas akhir dari kedua mahasiswa yang, dalam paper ini, berperan sebagai penulis ke-2 dan penulis ke-3.

DAFTAR PUSTAKA

- Cristescu, N.D.; Conrad, B.P. & Tay, R.T.S., 2002, *A Closed form Solution for Falling Cylinder Viscometers*, International Journal of Engineering Science , **Vol. 40**, p. 605 – 620.
- Dunn, W.C., 2005, *Fundamental of Industrial Instrumentation, and Process Control*, **1st edition**, Mc Graw Hill, New York.
- Hermawati, Yeni, M., Suciati, Wahyu & Warsito, 2013, *Uji Viskositas Fluida menggunakan Transduser Ultrasonik sebagai Fungsi Suhu dan Akuisisinya pada Komputer Menggunakan USB*, Jurnal Berkala FMIPA UNILAM.
- Jati, B.M.E.; Zainuri, R. & Purwadi, B., 2006, *The Contruction Study of a Digital's Viscometer for Small Value of Liquid*, Prosiding JIPC, FMIPA UGM.
- Jati, B.M.E., Karyono, Supriyatin, S., 2010, *Penyetaraan Nilai Viskositas terhadap Indeks Bias pada Zat Cair Bening*, Berkala UNDIP, **Vol.13** No.4, p. 119 – 124.
- Jati, B.M.E. & Rizkiana, A.P., 2015, *Studi Penentuan Viskositas Darah Ayam dengan Metode Aliran Fluida di dalam Pipa Kapiler Berbasis Hukum Poisson*, Jurnal Fisika Indonesia, **Vol.19**, No.57, p. 43 – 47.
- Jati, B.M.E., 2020, *Pengantar Fisika Kedokteran*, **edisi-1**, Penerbit UGM Press, Yogyakarta.
- Kim & Hana, 2013, *Analytical Performance Evaluation of the Scanning Capillary Tube Viscometer for Measurement of Whole Blood Viscosity*, Clinical Biochemistry, **Vol. 46**, p. 139 – 142.
- Maqbool, M., 2018, *An Introduction to Medical Physics*, **1st edition**, Springer, New York.
- Nichols, D.H., 2019, *Physics for Technology*, **2nd edition**, CRC Press, New York.
- Rosa, D.L.& Angel, 2020, *Determination of the Plastic Viscosity of Superplasticized Cement Pastes Through Capillary Viscometers*, Construction and Building Materials, **Vol. 260**, p. 1 – 8.
- Sariyerli, G.S.; Sakarya, O. & Akcadag, U.Y., 2018, *Comparison Test for the Determination of the Viscous Values of Reference Liquid by Capillary Viscometer and Stabinger Viscometer SMV 3001*, International Journal of Metrology and Quality Engineering, **Vol. 9** No. 7, p. 1 – 8.
- Sinclair, I., 2001, *Sensors and Tranducers*, **3th edition**, Newnes, London.
- Yusbani, E., 2012, *A Review on Viscometer Device for Gas Phase*, Aceh Internasional Journal of Sciences and Technology, **Vol.1** No.3, p. 73 – 79.