

PENENTUAN CAIRAN INFUS MASUK KE PASIEN SECARA OTOMATIS LEWAT PARAMETER BERAT MENGGUNAKAN JARINGAN NIRKABEL

Hartono Pranjoto¹, Lanny Agustine², Yesiana D. W. Werdani³, Diana Lestariningsih⁴, Widya Andyardja⁵, Kristina Natalia Tunga Yayer⁶

^{1,2,4,5,6}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Jalan Kalijudan 37, Surabaya 60114

Telp. (031) 389-1264

³Fakultas Keperawatan, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Jl. Kalisari Selatan 1, Pakuwon City, Surabaya

E-mail: ¹pranjoto@ukwms.ac.id, ²lanny.agustine@ukwms.ac.id,

³yesiana@ukwms.ac.id, ⁴diana@ukwms.ac.id, ⁵widya@ukwms.ac.id,

⁶kristinayayer@gmail.com

ABSTRAK

Infus intravena dengan metoda *gravity drip IV delivery* adalah salah satu perawatan yang paling umum diberikan kepada pasien, khusus yang sedang menjalani operasi, dalam keadaan koma, kasus demam berdarah dan lainnya. Pemantauan berkelanjutan pada pasien merupakan faktor utama untuk penentu kualitas hasil perawatan. Parameter pemantauan adalah banyaknya cairan infus yang sudah masuk ke tubuh pasien, dan banyaknya cairan yang tersisa pada sistem infus. Informasi ini sangat dibutuhkan perawat untuk memberikan perawatan.

Makalah membahas tentang inovasi untuk memonitor banyaknya cairan infus yang telah masuk ke tubuh pasien, dengan memonitor sisa berat cairan pada sistem infus. Volume cairan infus yang masuk ke tubuh pasien berbanding lurus dengan nilai berat hasil kalkulasi. Nilai berat tersebut adalah selisih berat awal cairan infus terhadap berat cairan yang masih tersisa dalam sistem infus. Perangkat ini menimbang cairan infus beserta kemasannya selama proses terapi, dan memonitor berkurangnya berat karena cairan telah masuk ke dalam tubuh pasien. Perangkat terdiri dari sebuah *loadcell* beserta *strain-gauge*, *analog-to-digital converter HX711*, *single board computer Raspberry PI* model 3B+, layar sentuh, dan jaringan nirkabel untuk menghubungkan dengan sistem pemantauan terpusat.

Kata kunci: HX711, *loadcell*, monitor cairan infus, *gravity drip* intravena, Raspberry PI

ABSTRACT

Intravenous infusion with IV drip delivery method is one of the most common treatments given to the patients, especially those whose undergo surgery, in a coma, cases of dengue fever and others. Continuous monitoring of patients is a significant factor determining the quality of care outcomes. The monitoring parameter is the amount of infusion fluid that has entered the patient's body, and the amount of fluid left in the infusion system. This information is vital to the nurses for providing care.

The paper discusses the innovation to monitor the amount of infusion fluid that has entered the patient's body by monitoring the weight of fluid remaining in the infusion system. The volume of infusion fluid that enters the patient's body is directly proportional to the weight value of the calculation results. The weight value is the difference between the initial weight of the infusion fluid and the amount of fluid remaining in the infusion system. This device measures the reduction of intravenous fluids weights due to fluids that entering the patient's body. The device consists of a load cell along with strain-gauges, an analog-to-digital converter HX711, a single board Raspberry PI 3B + model, a touch screen and wireless network to connect with a centralized monitoring system.

Keywords: HX711, loadcell, infusion fluid monitoring, gravity drip intravenous, Raspberry PI

PENDAHULUAN

Terapi intravena (*intravenous therapy*) pada pasien adalah salah satu perawatan yang banyak digunakan di rumah sakit untuk proses penyembuhan seorang pasien. Ada dua buah metode terapi intravena, yaitu dengan menggunakan pompa infus (*infusion pump*) dan dengan menggunakan *gravity drip IV (intravenous) delivery* yang sudah digunakan sejak tahun 1944. *Gravity drip IV delivery* menggunakan sebuah set infus seperti pada Gambar 1, yang terdiri dari empat komponen utama yaitu *vented spike* untuk menghubungkan ke tabung infus, *IV drip chamber* untuk melihat adanya tetesan cairan infus dari tabung ke selang, selang infus untuk mengalirkan cairan dengan panjang rata-rata 1 – 1,5 meter, sebuah *roller clamp* untuk mengatur laju cairan infus, dan diakhiri dengan *IV catheter* yang dihubungkan dengan *catheter* di pasien.

Sistem yang dirancang pada penelitian ini akan memanfaatkan berat dari tabung beserta cairan infus dan set infus. Pada awal pemberian terapi infus, tabung yang berisi cairan infus penuh beserta dengan set infus akan digantung pada tiang infus. Berat awalnya akan ditimbang secara otomatis dengan menggunakan sensor *loadcell* beserta dengan perangkat tambahannya yang akan diuraikan pada bagian pembahasan. Berat yang terukur akan berkurang hanya

karena sebagian cairan infus sudah masuk ke dalam tubuh pasien. Dengan adanya korelasi tunggal antara berat dan volume cairan, maka banyak cairan yang sudah habis dapat dihitung langsung. Pada saat cairan infus sudah habis, maka selang infus – dengan menggunakan mekanisme *pinch valve* – dapat ditutup. Metode ini dapat menghindarkan dari hal-hal yang tidak diinginkan.



Gambar 1. Set infus *gravity drip* yang terdiri dari *vented spike* dengan *IV drip chamber*, konektor, *roller clamp* dan selang infus sepanjang 1,5 meter

Berbagai cara telah dilakukan untuk memantau jumlah cairan yang telah masuk ke dalam tubuh pasien secara manual dan otomatis. Pemantauan secara otomatis adalah dengan memantau permukaan cairan infus pada tabung untuk mengetahui banyaknya cairan yang telah masuk ke tubuh pasien, antara lain dengan melakukan penghitungan jumlah tetesan yang telah

terjadi pada *drip chamber* (satu tetes cairan infus adalah 1/20ml, sehingga 100 ml cairan setara dengan 2000 tetes) dengan menggunakan sensor ultrasonik (Bustamante e.a 2007), sensor inframerah (Yang & Sun 2009, Barros e.a, 1998), perubahan impedansi (Amano e.a, 2012) monitor permukaan cairan lewat RFID (Huang & Lin, 2012).

Pada saat ini, metode penimbangan tidak terdapat pada literatur dan dimulai lewat penelitian sebelumnya (Pranjoto e.a, 2017). Metode ini tidak populer walaupun sederhana karena pada umumnya dilakukan penimbangan tersendiri secara rata-rata untuk menentukan berat tabung infus yang masih kosong, sehingga perlu menentukan jenis kemasan cairan infus yang akan dimonitor. Dengan adanya komputer dan juga metode penimbangan yang dapat mengabaikan perbedaan berat kemasan, maka sistem monitor yang dihasilkan akan menjadi lebih sederhana.

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan korelasi tunggal antara berat dan cairan pada suhu yang relatif konstan pada suhu ruang. Penelitian ini berada dalam skala laboratorium dan tidak menggunakan binatang maupun manusia secara langsung sehingga tidak dibutuhkan '*ethical clearance*'. Simulasi dan pengambilan data yang dilakukan hanya menggunakan manekin.

Komponen utama/ mayoritas dari cairan infus adalah air dengan jumlah volume yang berbeda. Umumnya volume cairan infus dalam kemasan adalah 100 ml sampai 500 ml, dengan tambahan komponen kimia lain dengan berat bervariasi dari 2 gram hingga 50 gram untuk tabung infus 500 ml, dan lebih sedikit untuk tabung infus yang lebih kecil. Dengan volume cairan 500

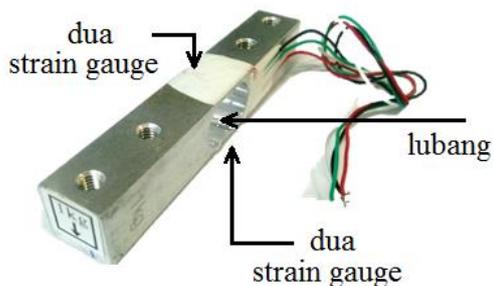
ml dan dengan berat jenis 0.9970480 gram/ml pada suhu 25°C, maka total berat cairan infus dapat dihitung dengan menggunakan rumus fisika. Volume cairan yang tersisa dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang sama.

Prinsip dari pengukuran berat pada sistem ini adalah menggunakan sensor berat berupa *loadcell*. Sensor tersebut terdiri dari sebuah *double bending beam* (yang akan menghasilkan tekanan/ *stress* dan keregangan/ *strain*) dan *strain-gauge* (sensor yang berubah tahanannya karena adanya regangan).

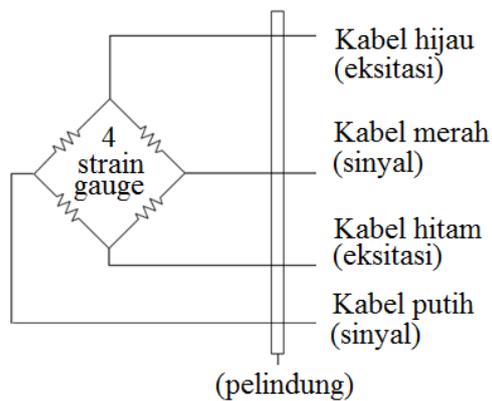
Dalam pengukuran berat, yang berpengaruh hanya pengurangan berat cairan infus saja. Berat tabung dan set infus tidak berubah, sehingga tidak berpengaruh terhadap hasil perhitungan berat sisa cairan infus. Tahap awal penggunaan alat sebelum cairan infus dialirkan, berat total sistem infus (tabung infus dan set infus) beserta cairannya ditimbang. Nilai berat tersebut akan menjadi nilai parameter untuk dikurangkan dengan berat terukur setiap saat. Saat cairan belum dialirkan, maka akan menghasilkan nilai berat 0 gram. Hasil pengurangan tersebut menyatakan banyaknya cairan yang masuk ke tubuh pasien. Saat cairan pada sistem infus berkurang, karena masuk ke tubuh pasien, maka dengan sendirinya berat total yang terukur juga akan berkurang (tabung, set infus dan cairan infus). Dengan metode pengurangan berat ini, maka alat dapat menampilkan perbedaan berat karena jumlah cairan infus yang berkurang. Dari hasil pengurangan berat ini dan dengan adanya data tentang berat jenis cairan, maka volume cairan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan fisika antara berat, berat jenis, dan volume.

Sensor *loadcell* dapat dilihat pada Gambar 2. *Loadcell* yang digunakan pada sistem ini adalah *loadcell* dengan

double bending beam seperti terlihat pada Gambar 2a. *Loadcell* ini telah dilengkapi dengan empat *strain-gauge*, yang membentuk jembatan Wheatstone untuk meredam efek perubahan pemuaian *strain gauge* akibat suhu ruang terhadap output pengukuran. *Strain gauge* bagian atas akan teregang dan *strain gauge* bagian bawah akan terkompresi jika ujung *loadcell* digantung beban.



Gambar 2a. *Loadcell* dengan *double bending beam*



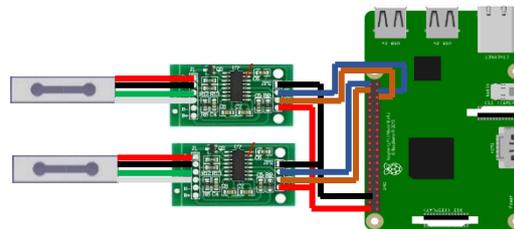
Gambar 2b. Warna kabel pada *loadcell*

Gambar 2b adalah konvensi warna kabel untuk sebuah *loadcell* dan juga diagram rangkaian *strain gauge* pada *loadcell* tersebut. Tahanan *strain gauge* akan meningkat jika mengalami peregangan, dan sebaliknya akan turun jika terkompresi.

Pengukuran beda tahanan sebuah *loadcell* sangat menantang, karena perbedaan tahanan sebesar 2Ω (*full scale*)

dengan total tahanan sebesar 860Ω berarti perbedaan tidak lebih dari 0,23% dari skala penuh (1 kg pada kasus Gambar 2a). Perbedaan berat sebesar 1 gram akan menghasilkan perbandingan perubahan yang sangat kecil dari skala penuh. Untuk itu, pada sistem ini, *loadcell* dihubungkan dengan modul HX711 untuk mengkonversi perubahan nilai tahanan ke data digital 24-bit. Modul ini umum digunakan pada timbangan badan digital. Modul HX711 menggunakan *analog-to-digital converter* 24-bit dengan kepresisian yang tinggi (*high precision A/D*) dengan output serial.

Gambar 3 menunjukkan interkoneksi 2 buah *loadcell*, 2 buah modul HX711 dan Raspberry PI. Keluaran dari rangkaian tahanan pada *loadcell* diubah menjadi tegangan analog, dan dikonversikan ke tegangan digital 24-bit oleh HX711. Catudaya 5Volt untuk modul HX711 dan *loadcell* diperoleh dari GPIO Raspberry PI lewat kabel HIJAU (VDDAnalog) dan kabel HITAM (GROUNDAnalog) sedangkan untuk Sinyal+ dan Sinyal- lewat kabel MERAH dan kabel PUTIH. Output dari HX711 berupa serial output (Digital Out) dan SCK dihubungkan ke digital input pada Raspberry PI.



Gambar 3. Sistem pengambilan data berat dengan menggunakan modul HX711 dan *single board computer* Raspberry PI

Karena dibutuhkan 2 buah sensor berat, maka digunakan 2 buah

loadcell beserta HX711 seperti terlihat pada Gambar 3.

ataupun mengaktivasi perangkat elektronik lain dengan mudah.

```
def Baca_Volume1():
    #ambil data loadcell nomor 1
    #baca port GPIO HX711 1
    i=0
    num1=0
    GPIO.setup(DAT1,GPIO.OUT)
    GPIO.output(DAT1,1)
    GPIO.output(CLK1,0)
    GPIO.setup(DAT1,GPIO.IN)
    #Konversi ADC Load Cell 1
    while GPIO.input(DAT1) == 1:
        # tunggu data
        i=0
    for i in range(24):
        # ambil dari ADC 24 bit
        GPIO.output(CLK1,1)
        num1=num1<<1
        GPIO.output(CLK1,0)
        if GPIO.input(DAT1) == 0:
            # akhir pengambilan data 24 bit
            num1=num1+1
    GPIO.output(CLK1,1)
    num1=num1^0x800000
    # masking data
    GPIO.output(CLK1,0)
    # berhentikan data
    sigma_berat1=0
    # awal rata-rata selama 10 x
    for berat1 in range (10):
        # 10 data dirata-rata
        berat1=((num1/830.5)-10000)
        sigma_berat1=sigma_berat1+berat1
    volume1=(sigma_berat1//(10*0.997))
    # berat jadi volume dengan beratjenis
    return volume1
    # output volume
```

Gambar 4. *Snippet* program untuk melakukan inisialisasi modul HX711 dan pengambilan data

Raspberry PI adalah sebuah komputer dengan ukuran sebesar kartu kredit yang sudah memiliki semua kebutuhan komputasi dengan harga yang sangat ekonomis. Raspberry PI dapat dihubungkan ke monitor, *keyboard* dan *mouse* komputer standar untuk dapat digunakan sebagai sebuah komputer. Perangkat ini dapat dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman seperti Scratch atau Python. Raspberry PI juga mampu digunakan sebagai sebuah komputer *desktop* sesuai batasannya, mulai dari menjelajah Internet dan memutar video definisi tinggi, hingga membuat *spreadsheet*, pemrosesan kata, dan bermain game. Kelebihan utama dari Raspberry PI adalah kemampuan untuk berinteraksi dengan dunia luar melalui GPIO (*General Purpose Input Output*) untuk menerima input dari sensor

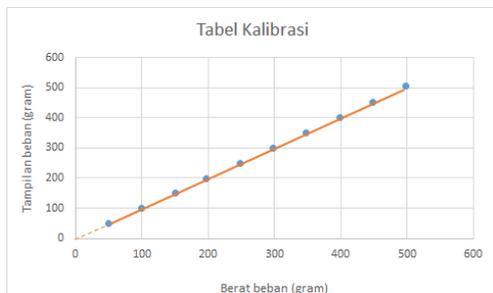
Gambar 4 adalah bagian dari program untuk pengambilan data pada salah satu modul HX711 yang telah dihubungkan dengan Raspberry PI. *Setting* awal pada program adalah untuk memastikan GPIO (*General Purpose I/O*) sudah disesuaikan sebagai input maupun sebagai output. Selanjutnya adalah pengambilan data serial 24-bit dengan menggunakan *loop* untuk menghasilkan nilai digital yang diperoleh dari perubahan tahanan *loadcell*. Langkah selanjutnya adalah melakukan *bit masking*, dan yang terakhir adalah menghitung rata-rata dari 10 data.

Setiap *loadcell* dan juga penempatan *strain-gauge* adalah unik, sehingga menghasilkan nilai penguatan dan nilai *zero* yang berbeda. Hasil dari pengukuran perubahan nilai tahanan yang telah diubah menjadi nilai tegangan digital harus dikalibrasi dengan benar

untuk mendapatkan nilai berat yang tepat. Untuk setiap *loadcell*, dibutuhkan nilai *span* dan nilai *zero*. Jadi dengan adanya dua buah *loadcell*, maka akan terdapat dua buah nilai *span* dan nilai *zero* yang berbeda. Setiap *loadcell* harus dikalibrasi terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai *span* dan *zero*, dan nilai tersebut dipergunakan sebagai parameter kalibrasi perangkat seperti pada umumnya.

Tabel 1. Hasil observasi berat dengan referensi timbangan yang telah dikalibrasi

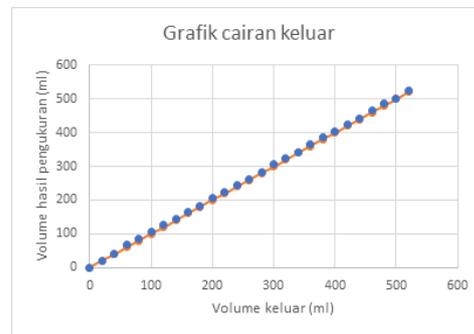
Hasil HX711 (gram)	Hasil Precissa 3000D (gram)	Error (%)
50.3	50.7	-0.85
101.0	99.9	1.12
151.1	150.6	0.36
199.9	197.7	1.14
249.9	248.4	0.60
300.9	297.6	1.12
351.0	348.3	0.79
402.3	399.1	0.81
452.9	448.2	1.06
504.1	499.0	1.02



Gambar 5. Grafik kalibrasi berdasarkan Tabel 1 dengan nilai yang seharusnya (garis lurus)

Hasil pengujian terhadap satu *loadcell* yang terhubung ke Raspberry PI yang sudah terkalibrasi dengan benar dengan beban input menggunakan timbal timbangan dibandingkan dengan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1. Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai

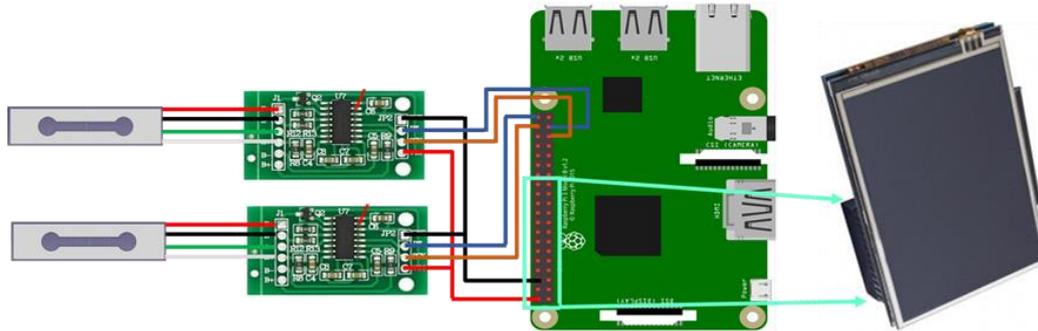
penghitungan dan dibandingkan dengan nilai yang didapat dari *loadcell* memiliki perbedaan kurang dari 1% dari total nilai yang seharusnya. Gambar 5 adalah ilustrasi dari Tabel 1 dalam bentuk grafik. Pada grafik kalibrasi terlihat bahwa data yang terukur oleh sistem sudah sesuai dengan berat yang terukur oleh neraca terkalibrasi. Hasil yang didapatkan lewat tampilan Tabel 1 dan juga Gambar 5 menunjukkan bahwa data hasil kalibrasi sebuah *loadcell* (dalam hal ini adalah *loadcell* nomor 1 pada sistem) sudah sesuai dengan berat sebuah beban terkalibrasi.



Gambar 6. Kalibrasi jumlah cairan keluar dari set infus dan hasil pengukuran oleh sistem

Hasil penimbangan secara statis dilanjutkan dengan melakukan observasi secara dinamis terhadap cairan yang keluar dari set infus. Hasil dari observasi tersebut dalam bentuk data volume cairan, bukan dalam bentuk data berat. Pada langkah ini cairan infus diteteskan satu per satu sesuai dengan standar penggunaan infus oleh perawat di rumah sakit. Jumlah cairan yang keluar dari set infus tersebut ditampung dalam sebuah gelas ukur dan pengukuran dari berat cairan tersebut selalu diukur, diobservasi dan dicatat.

Setiap 20ml cairan keluar, output dari sistem tersebut dicatat dan dibuat dalam bentuk tabel, lalu dibuat dalam bentuk grafik kalibrasi seperti pada



Gambar 7. Koneksi *loadcell*, Raspberry PI dan layar sentuh 3,2 inci

Gambar 6. Pada gambar tersebut, gambar titik adalah hasil output yang didapat berdasarkan pengukuran dan penghitungan oleh perangkat yang dibuat, sedangkan garis lurus adalah nilai yang seharusnya didapatkan, karena hasil input dan output seharusnya sama. Dari hasil tersebut terlihat bahwa nilai output berdasarkan pengukuran dan observasi mendekati nilai sebenarnya dengan kesalahan tidak lebih dari 1%.

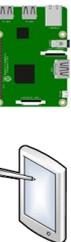
Sistem ini juga membutuhkan sebuah antarmuka ke Raspberry PI dan sistem layar sentuh (*touch screen*) yang dipilih. Perubahan minor atau mayor pada tampilan layar sentuh dapat dilakukan dengan mudah melalui program. Layar sentuh yang dipilih berukuran 3,2 inci, yang dilengkapi dengan *stylus* dan kompatibel dengan Raspberry PI karena sudah memiliki soket yang dapat langsung dihubungkan lewat GPIO Raspberry PI pada pin 1 – 26 seperti terlihat pada Gambar 7. Gambar tersebut mengilustrasikan koneksi dua buah *loadcell* ke Raspberry PI melalui dua buah modul HX711 dan sebuah layar sentuh yang terhubung ke GPIO Raspberry PI.

Konfigurasi pemrograman layar sentuh sudah terdapat pada sistem operasi Raspbian Stretch versi 9. Resolusi layar mulai 320×240 pixel hingga 1024×769 dapat diatur dengan mudah. Untuk sistem ini digunakan layar sentuh

3,2 inci dengan resolusi minimum 320×240, dan ini sudah mencukupi untuk menu aplikasi pada sistem infus seperti terlihat pada Gambar 8a bersama dengan *stylus*. Kode untuk menghasilkan tampilan seperti terlihat pada Gambar 8 sudah difasilitasi oleh Python *compiler* yang tersedia pada sistem operasi Raspbian Stretch versi 9. Gambar 8b adalah bagian dari program untuk menghasilkan tampilan seperti pada Gambar 8a.

Selain menampilkan data banyaknya cairan yang telah masuk ke tubuh pasien, Raspberry PI ini juga dihubungkan dengan sebuah kamera. Kamera ini diletakkan di depan tabung infus untuk mengambil gambar tabung infus tersebut setiap jeda waktu 5 menit. Kamera ini digunakan untuk melakukan verifikasi visual terhadap keadaan tabung infus tersebut dan ketinggian cairan di dalamnya. Jeda waktu yang ditentukan ini karena ketinggian cairan di dalam tabung infus tidak akan mengalami perubahan yang berarti pada jeda waktu kurang dari itu. Data gambar yang didapat nantinya akan dikirimkan ke sebuah *webserver*.

Input dari pengguna melalui layar sentuh tersebut hanya dibutuhkan untuk menentukan tipe botol/ tabung infus yang akan digunakan pada sistem tersebut. Seperti telah disebutkan sebelumnya, pada sistem ini terdapat dua



```

def insertBLOB (bad_id, volume_infus_1, volume_infus_2, photo):
print("Inserting BLOB into database")

try:
    con = mysql.connector.connect(host = '192.168.1.8',
                                database = 'testdb',
                                user = 'pi',
                                passwd = 'raspberrypi')
    cursor = con.cursor(prepared=True)
    sql_insert_blob_query = """ REPLACE INTO `Pengukuran`
                                (`id`, `volume_infus_1`,
                                `volume_infus_2`,
                                `photo`) VALUES (%s, %s, %s, %s)"""
    infusPicture = convertToBinaryData(photo)
    #convert data into tuple format
    insert_blob_tuple=(bad_id, volume_infus_1,
                       volume_infus_2, infusPicture)
    result = cursor.execute(sql_insert_blob_query,
                            insert_blob_tuple)
    con.commit()
    print ("Image and file inserted successfully as a BLOB into table", result)
except mysql.connector.Error as error:
    con.rollback()
    print("Falied inserting BLOB data into MySQL table {}".format(error))
finally:
    #closing database connection
    if (con.is_connected()):
        cursor.close()
        con.close()
        print("MySQL connection is closed")

myGui = Tk()
var1 = IntVar()
var2 = IntVar()
myGui.geometry('640x640')
myGui.title('Monitor')
infus1_label = Label(myGui, text='Infus 1', font=('arial', 12, 'bold')).place(x=50, y=10)
infus2_label = Label(myGui, text='Infus 2', font=('arial', 12, 'bold')).place(x=340, y=10)
volume1_0 = Radiobutton(myGui, text='0 ml', value=0, variable = var1, font=('arial', 12, 'bold')).place(x=50, y=30)
volume1_100 = Radiobutton(myGui, text='100 ml', value=100, variable = var1, font=('arial', 12, 'bold')).place(x=50, y=50)
volume1_500 = Radiobutton(myGui, text='500 ml', value=500, variable = var1, font=('arial', 12, 'bold')).place(x=50, y=70)
volume1_540 = Radiobutton(myGui, text='540 ml', value=540, variable = var1, font=('arial', 12, 'bold')).place(x=50, y=90)
volume2_0 = Radiobutton(myGui, text='0 ml', value=0, variable = var2, font=('arial', 12, 'bold')).place(x=340, y=30)
volume2_100 = Radiobutton(myGui, text='100 ml', value=100, variable = var2, font=('arial', 12, 'bold')).place(x=340, y=50)
volume2_500 = Radiobutton(myGui, text='500 ml', value=500, variable = var2, font=('arial', 12, 'bold')).place(x=340, y=70)
volume2_540 = Radiobutton(myGui, text='540 ml', value=540, variable = var2, font=('arial', 12, 'bold')).place(x=340, y=90)
okbutton = Button (myGui, text = 'OK', command=selisih).place(x = 220, y = 110)
exitbutton = Button (myGui, text = 'Stop', command = exitprogram, bg='powder blue').place(x = 215, y = 210)

```

Gambar 8a.

Gambar 10. Snippet program untuk menghubungkan data observasi lewat JSON ke webserver

Gambar 8b. Snippet program Python untuk mendapatkan tampilan pada Gambar 8a

buah tabung infus, sehingga pada *snippet* program terlihat dibutuhkan dua buah variabel yaitu *var1* dan *var2* untuk pengenalan masing-masing tabung infus. Hasil dari pemrograman tersebut terlihat dengan jelas bahwa menu pada kolom kiri untuk tabung infus 1, dan pada kolom kanan untuk tabung infus 2. Pada setiap kolom tertera dengan jelas parameter tabung infus beserta tombol pilihan (biasanya disebut *radio button*) pada sebelah kiri menu pilihan.

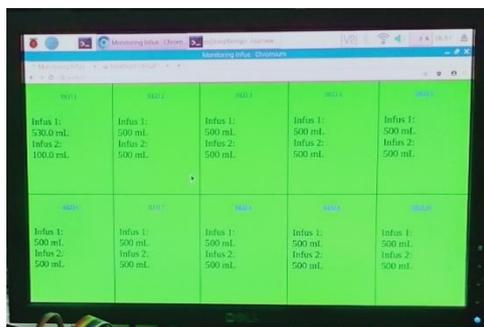
Gambar 9. Interkoneksi perangkat menggunakan jaringan nirkabel

Data yang dikirimkan oleh Raspberry PI ke layar sentuh dapat dimonitor oleh operator/perawat melalui komputer lain atau telepon pintar (*smartphone*) untuk mengetahui kemajuan proses terapi infus. Sebuah *webserver* digunakan untuk menampung data dari sistem pemantauan infus tersebut secara terpadu. Interkoneksi antar perangkat menggunakan sebuah atau beberapa *access point*. Interkoneksi perangkat dapat dilihat pada Gambar 9.

Data-data tersebut dikirimkan oleh Raspberry PI ke *webserver*

menggunakan JSON (*JavaScript Object Notation*). JSON menggunakan format data yang sederhana, sehingga ringan untuk pengiriman data melalui jaringan Internet. JSON juga merupakan protokol yang sangat populer digunakan ketika dibutuhkan pengiriman data ke halaman web lewat basisdata mysql. Ini sangat populer karena JSON "menggambarkan diri sendiri" dan parameternya mudah dimengerti (Lukaszewski, 2010, Krogh 2018).

Gambar 10 adalah bagian dari program untuk mengirimkan data dari Raspberry PI ke basis data dari *webserver*, hasil dari pengambilan data infus berdasarkan volume yang sudah dikonversi. Langkah awal adalah membuka koneksi ke *webserver* dan memastikan tidak ada *error*. Selanjutnya adalah mengirimkan data tersebut ke *webserver*, dan kemudian melakukan verifikasi data sudah diterima dengan baik. Langkah terakhir setelah semua data terkirimkan adalah menutup koneksi basisdata di *webserver*.



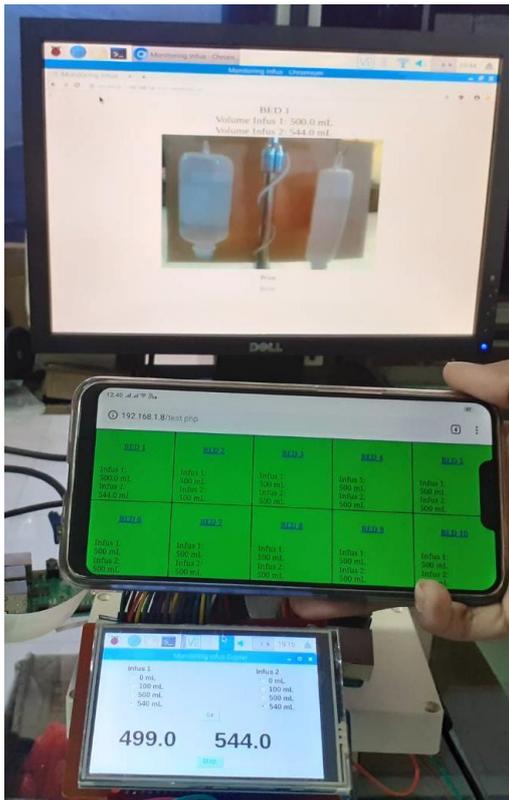
BED 1	BED 2	BED 3	BED 4	BED 5
Infus 1: 500.0 ml. Infus 2: 100.0 ml.	Infus 1: 500 ml. Infus 2: 500 ml.			
Infus 1: 500 ml. Infus 2: 500 ml.	Infus 1: 500 ml. Infus 2: 500 ml.	Infus 1: 500 ml. Infus 2: 500 ml.	Infus 1: 500 ml. Infus 2: 500 ml.	Infus 1: 500 ml. Infus 2: 500 ml.

Gambar 11. Tampilan data infus pada layar *web-browser*

Hasil dari pengambilan data dengan menggunakan Raspberry PI selanjutnya dikirimkan ke *webserver* menggunakan program Python seperti Gambar 10. Hasil pengolahan data ditampilkan dengan menggunakan *web-browser* seperti terlihat pada Gambar 11. Pada tampilan web, terlihat ada 10

tempat tidur untuk pasien walaupun sistem perangkat keras berbasis Raspberry PI yang sedang dibuat belum dapat mencakup sejumlah itu.

Untuk menampilkan keadaan tabung infus dalam bentuk gambar, maka tautan (*link*) pada bagian atas (BED1) dapat di-klik dan akan menampilkan foto dari tabung infus tersebut yang telah ditangkap oleh kamera web yang terhubung pada Raspberry PI. Tampilan web akan berubah menjadi tampilan seperti pada Gambar 12 bagian atas, untuk menunjukkan ketinggian cairan di dalam tabung infus tersebut. Sedangkan pada layar sentuh tetap menampilkan jumlah volume. Pada bagian tengah adalah sebuah telepon pintar (*smartphone*) yang dilengkapi dengan sebuah aplikasi yang dapat menampilkan data seperti pada Gambar 11, sehingga kemajuan proses terapi infus yang sedang berlangsung dapat dipantau dari lokasi berbeda.



Gambar 12. Tampilan seluruh sistem dengan layar web pada sistem infus, layar sentuh, dan juga telepon pintar

KESIMPULAN

Dari hasil perangkat yang dibuat ini, terlihat bahwa observasi pengukuran berat cairan, dan dengan mengkonversi berat menjadi volume, maka dapat dihitung sisa cairan di dalam sistem infus. Sehingga, banyaknya cairan yang masuk ke manekin pasien dengan mengukur jumlah cairan yang keluar dari tabung infus dapat dimonitor dengan baik. Jadi, perangkat telah mampu melakukan monitor cairan infus yang masuk ke manekin pasien dengan memonitor berat cairan infus, dan perangkat dapat menghentikan aliran infus setelah cairan infus tersisa kurang dari 20 ml. Sehingga metode ini dapat digunakan untuk proses lebih lanjut. Data dari Raspberry PI dilengkapi dengan gambar yang didapat dari kamera, yang telah disimpan di *webserver*, juga telah dapat dimonitor

dengan menggunakan sebuah *web-browser* baik melalui komputer ataupun sebuah *smartphone* dengan jaringan yang sesuai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Riset dan pengembangan sistem infus ini dibiayai oleh:

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, sesuai dengan Kontrak Penelitian Nomor: 200M/WM01.5/N/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amano, H., Ogawa, H., Maki H., Tsukamoto, S., Yonezawa, Y., and Caldwell, W. M., "A remote drip infusion monitoring system employing Bluetooth," in *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 2012.
- [2] Barros, E. and dos Santos, M.V.D., "A safe, accurate intravenous infusion control system," *IEEE Micro*, pp. 12–21, 1998.
- [3] Bustamante, P., Solas, G., Grandez, K., and Bilbao, U., "A new Wireless Sensor for Intravenous Dripping Detection," 2007 International Conference on Sensor Technologies and Applications, vol. 3, no. 1, pp. 50–58, 2010.
- [4] Cataldo, A., Cannazza, G., Giaquinto, N., Trotta, A., and Andria G., "Microwave TDR for real-time control of intravenous drip infusions," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 61, no. 7, pp. 1866–1873, 2012.
- [5] Gil, R. A. Jr, Padilla, J. N., "Intravenous piggyback infusion

- control and monitoring system using wireless technology,” *Int. J. Adv. Technol. Eng. Explor.*, vol. 3, no. 17, pp. 50–57, 2016.
- [6] Gupta, R. C., Taneja, T. K. and Verma, S., “Design and implementation of controlled drug infusion system,” *J. Sci. Ind. Res.*, vol. 64, no. October, pp. 761–766, 2005.
- [7] Huang, C. and Lin, J., “A Warning System Based on the RFID Technology for Running-Out of Injection Fluid,” *Int. Conf. IEEE EMBS*, pp. 2212–2215, 2011.
- [8] Kamble, V. V., Pandey, P. C., Gadgil, C. P. and Choudhary, D. S., “Monitoring of Intravenous Drip Rate,” *Proc. ICBME*, vol. i, 2001.
- [9] Lukaszewski, A., *MySQL for Python.pdf*. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2010.
- [10] Kelly, D. and Brull, S. J., “The Cost of Modern Technology,” *J. Clin. Anesth.*, vol. 180, no. 7, pp. 80–81, 1995.
- [11] Krogh, J. W., *MySQL Connector / Python Revealed SQL and NoSQL Data Storage Using MySQL for Python Programmers*. New York: Springer Science+Business Media, 2018.
- [12] Lide, D. R. and Baysinger, G., “Team LRN CRC Handbook of Chemistry and Physics,” p. 2265, 2005.
- [13] Pierce, E. T., Kumar, V., Zheng, H., and Peterfreund, R. A., “Medication and volume delivery by gravity-driven micro-drip intravenous infusion: Potential variations during ‘wide-open’ flow,” *Anesth. Analg.*, vol. 116, no. 3, pp. 614–618, 2013.
- [14] Pranjoto, H., Agustine, L., Werdani, Y.D.W., Lestariningsih, D., Pahar B.B.T., *Monitor Sisa Cairan Infus Intravena Dengan Penimbangan Berat*, Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan 2018 (RITEKTRA 2018), Makassar, 2-3 Agustus 2017.
- [15] Raghavendra, B., Vijayalakshmi, K., and Arora M., “Intravenous drip meter & controller,” *2016 8th Int. Conf. Commun. Syst. Networks, COMSNETS 2016*, pp. 1–5, 2016.
- [16] Rashid, H., Shekha, S., Reza S. M. T., Ahmed, I. U., and Newaz, Q., “A Low Cost Automated Fluid Control Device using Smart Phone for Medical Application,” *Int. Conf. Electr. Comput. Commun. Eng.*, pp. 809–814, 2017.
- [17] Thariyan, K. K., Taneja, S. R., Gupta R. C., and Ahluwalia, S. S., “Design and Development of a Unique Drop Sensing Unit for Infusion Pump,” *J. Sci. Ind. Res.*, vol. 61, pp. 798–801, 2002.
- [18] Ting, S. H., Wu, C. K., and Luo, C. H., “Design of dual mode RFID antenna for inventory management and IV fluid level warning system,” *Int. J. Antennas Propag.*, 2017.
- [19] Wen, X., “Design of Medical Infusion Monitor and Protection System Based On Wireless Communication Technology,” *Second Int. Symp. Intell. Inf. Technol. Appl.*, pp. 755–759, 2008.
- [20] Zhu, H., “New Algorithm of Liquid Level of Infusion Bottle Based on Image Processing,” pp. 1 – 3, 2009.