

**APLIKASI *LOAD CELL*  
UNTUK SISTEM MONITORING VOLUME CAIRAN INFUS**

**(*LOAD CELL APPLICATION FOR INFUSION VOLUME MONITORING SYSTEM*)**

**Diana Lestariningsih<sup>1</sup>, Hartono Pranjoto<sup>1</sup>, Lanny Agustine<sup>1</sup>, Yesiana Dwi Wahyu Werdani<sup>2</sup>, dan Benedictus Teja B. P<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Keperawatan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Indonesia

Jl. Kalijudan No. 37 Surabaya

email: pranjoto@ukwms.ac.id

**Abstrak**

Infus adalah terapi penting bagi pasien yang membutuhkan tambahan cairan tubuh. Keterlambatan penggantian cairan infus yang telah habis dapat sangat beresiko bagi pasien karena darah dari pembuluh vena akan masuk kembali ke dalam selang infus. Ini dapat terjadi karena perbedaan tekanan cairan antara pembuluh vena dan kantong infus. Tujuan penelitian ini untuk mengembangkan alat untuk memonitor volume cairan infus dan menghentikan aliran cairan infus sebelum habis. Alat yang dirancang terdiri atas *load cell*, modul ADC HX711, mikrokontroler Arduino Uno, dan *solenoid pinch valve*. Hasil pengujian alat ini menunjukkan bahwa alat dapat menampilkan jumlah cairan yang masuk ke pasien dengan monitor menggunakan gelas ukur sebagai penentu jumlah cairan. Alat akan mengaktifkan *pinch valve* pada saat cairan infus sudah hampir habis. Simpulan dari sistem yang dirancang adalah alat mampu memonitor perubahan volume cairan infus dengan mengonversi *output* dari *load cell* ke dalam bentuk volume mL dan alat dapat menghentikan aliran cairan infus saat volume cairan infus minimal telah ditentukan sebesar 10mL.

*Kata kunci:* monitoring infus, load cell, *pinch valve*, sensor berat

**Abstract**

Infusion is an essential therapy for patients who need additional body fluids. Replacement of IV fluids is vital for the patients because blood from the veins could re-enter the IV line be due to fluid pressure difference between the vein and the infusion bag. This study developed a system to monitor the volume of infusion fluids and stop the flow of intravenous fluids before they run out. The device consists of a load cell, ADC HX711 module, Arduino Uno microcontroller, and a solenoid *pinch valve*. The result shows that the system can display the fluid entering the patient and activate the *pinch valve* when the infusion fluid is almost out. The conclusion shows that the device can monitor changes in the volume of infusion fluid by converting the output of the load cell into volume mL, and the device can stop the flow of infusion fluid when the minimum volume of infusion fluid has been determined 10mL.

*Keywords:* infusion monitoring, load cell, *pinch valve*, weight sensor

**PENDAHULUAN**

Cairan infus berfungsi untuk memberikan *supply* ion kepada tubuh pasien

saat pasien membutuhkan tambahan ion.

Ketika cairan infus yang sudah habis dan terlambat diganti, darah dari pembuluh

vena akan masuk kembali ke dalam selang infus karena adanya perbedaan tekanan udara pada kantong infus dan pembuluh darah vena. Selain naiknya darah menuju selang infus, dapat terjadi juga masuknya gelembung udara yang terdapat pada kantong infus ke dalam pembuluh darah vena atau dapat disebut dengan emboli. Masuknya gelembung udara ke dalam pembuluh darah vena dapat menyebabkan kematian. Emboli dapat menyebabkan peredaran darah menjadi terhambat, dan oksigen yang dibutuhkan tubuh tidak dapat disalurkan melalui darah sehingga organ tubuh manusia akan kekurangan oksigen dan dapat menyebabkan kematian.

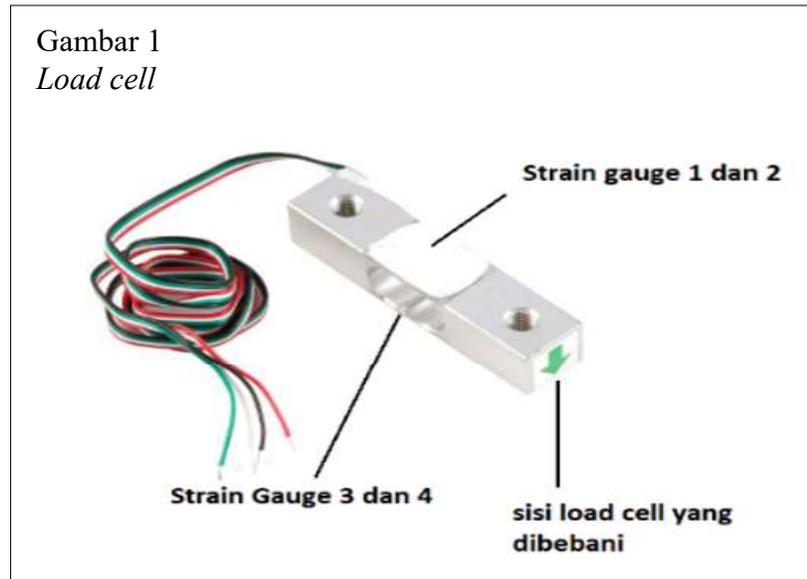
Saat ini sudah tersedia alat infus modern yang dapat menghentikan cairan infus saat akan habis dengan membunyikan alarm, namun harganya mahal, sehingga harga sewa alat infus tersebut akan dibebankan pada biaya perawatan pasien. Hal ini mengakibatkan hanya pasien dengan kebutuhan khusus atau yang mampu membayar sewa alat, yang dapat menggunakan alat tersebut. Dengan kondisi tersebut maka dirancang dan direalisasikan sistem yang menyerupai alat yang modern tersebut dengan biaya yang lebih murah sehingga pasien yang dirawat di kamar kelas menengah kebawah tidak perlu membayar sewa peminjaman alat infus tersebut. Hal ini diharapkan dapat mengurangi biaya perawatan pasien selama di rumah sakit.

Tahapan dalam perancangan yaitu: merancang pengukur berat cairan infus pada kantong infus dalam satuan gram (g) kemudian ditampilkan pada alat dengan satuan volume (ml). Kantong infus yang digunakan adalah kantong infus yang terbuat dari bahan plastik yang umum digunakan dan memiliki volume cairan  $\leq 500$  ml. Alat yang dirancang dapat digunakan untuk 2 kantong infus. Kondisi kantong infus yang digunakan tidak ditambah dengan cairan obat lain. Sistem yang dirancang akan mendeteksi cairan yang akan habis disaat volume cairan infus tersisa 10 mL.

## **METODE PENELITIAN**

Komponen dan modul yang digunakan untuk merealisasikan rancangan adalah *Load cell*, *Modul ADC HX-711*, *Arduino Uno*, dan *Pinch valve*. Penjelasan dari masing-masing komponen dan modul adalah sebagai berikut. Sensor *load cell* merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat sebuah beban. Sensor *load cell* umumnya digunakan sebagai komponen utama pada sistem timbangan digital. Pengukuran yang dilakukan oleh *load cell* menggunakan prinsip tekanan.

Gambar 1 memperlihatkan bentuk dari *load cell* yang digunakan. Pada sensor *load cell*, akan menghasilkan 2 *output* tegangan (Putra, 2016) yaitu *output* (+) dan *output*



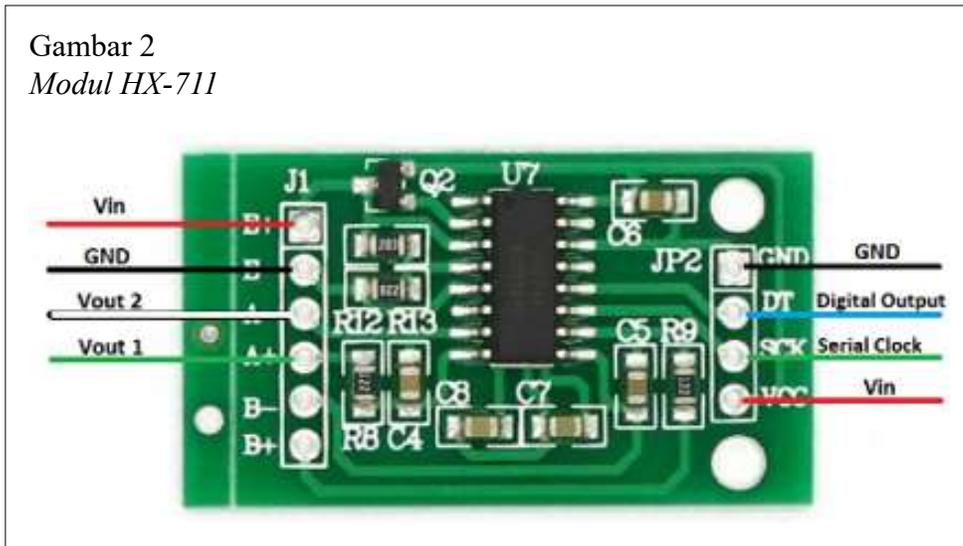
(-) yang akan digunakan sebagai *input* pada modul ADC HX711. Kedua *output* tegangan ini memiliki perbedaan tegangan, yang terjadi akibat perubahan resistansi yang dialami oleh masing-masing *strain gauge*. *Output* (+) menghasilkan tegangan yang lebih besar ketika sensor *load cell* diberikan gaya berat pada salah satu sisinya. *Output* (-) menghasilkan tegangan yang lebih kecil ketika sensor *load cell* diberikan gaya berat pada salah satu sisinya.

Prinsip kerja modul Modul ADC HX-711 adalah mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi *load cell* kemudian mengkonversinya ke dalam besaran tegangan. Modul melakukan komunikasi dengan mikrokontroler melalui komunikasi serial. Memiliki hasil yang stabil dan *reliable*, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat (Datasheet HX711, 2018).

Gambar 2 memperlihatkan bentuk Modul HX-711. Kedua tegangan input yang dihasilkan oleh sensor *load cell* kemudian dibandingkan oleh HX711 yang akan menghasilkan nilai tegangan tertentu dan dikonversikan menjadi data digital oleh rangkaian ADC. *Output* data digital bersifat linier terhadap input yang diterima HX711.

Arduino Uno adalah *development board* mikrokontroler yang menggunakan chip *ATmega328P* sebagai mikroprosesor (Howedi & Jwaid, 2016). Pemrograman *board* Arduino Uno dilakukan dengan menggunakan *Ar-duino Software (IDE)*. Pada *board* Arduino Uno, terdapat 6 buah pin analog *input*, sehingga dapat mengubah input analog menjadi nilai *digital* tanpa diperlukan tambahan rangkaian ADC. Selain itu, Arduino Uno juga memiliki *port input* dan *output digital* sebanyak 14 pin (6 dari pinnya digunakan sebagai *output* PWM).

Gambar 2  
Modul HX-711



*Pinch valve* adalah solenoid (Takasago Electric, 2018) yang berfungsi untuk menjepit selang infus. Cairan infus yang mengalir di dalam selang infus akan dihentikan menggunakan *pinch valve* (Clark Solution, 2016) untuk mencegah terjadinya kehabisan cairan infus, dan mencegah agar darah pasien tidak naik.

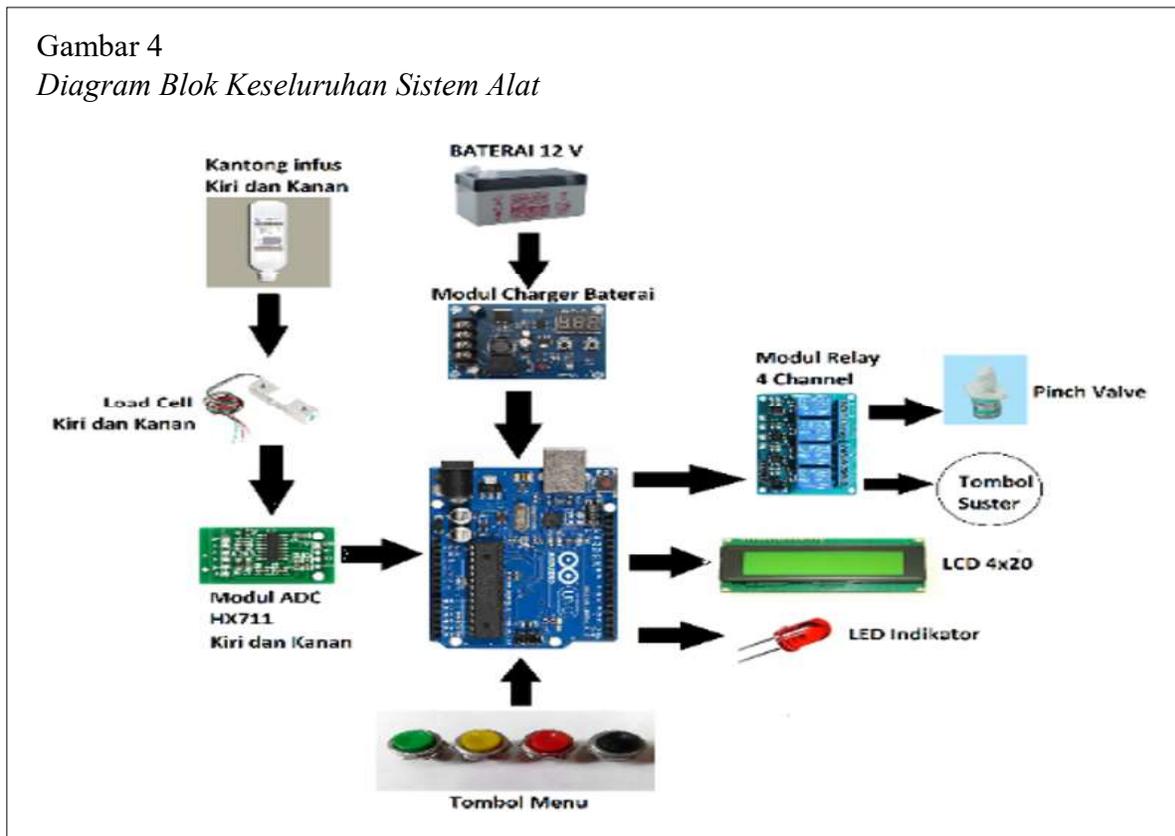
Gambar 3 memperlihatkan bentuk *pinch valve*. Cara kerja *pinch valve* adalah saat *load cell* menerima berat kantong infus yang sudah hampir habis, maka akan mengaktifkan *relay*, sehingga *pinch valve* akan aktif dan menjepit selang infus. Ketika tegangan diberikan pada *pinch valve*, maka coil akan menghasilkan medan magnet yang berbeda jenis dengan magnet permanen pada dasar tabung solenoid. Gaya tarik menarik antarmagnet, membuat tuas penjepit selang akan ditarik oleh magnet permanen sehingga selang infus akan terjepit.

Gambar 3  
*Pinch Valve*



Rancangan keseluruhan sistem alat dapat dilihat pada Gambar 4. Sistem alat terdiri dari kantong infus yang diletakkan di bagian kanan dan kiri, kemudian *load cell* pada bagian kanan dan kiri, modul ADC HX 711, arduino Uno, tombol menu, LCD, *LED indicator*, modul *relay*, *pinch valve*, baterai 12 volt, dan modul *charger* baterai.

Gambar 4  
Diagram Blok Keseluruhan Sistem Alat



Cara kerja sistem alat pada Gambar 4 adalah sebagai berikut: *load cell* mendapatkan gaya berat karena terdapat kantong infus yang digantungkan. Selanjutnya, kedua *strain gauge* pada sensor *load cell* akan meregang dan menyempit sehingga nilai resistansi keempat *strain gauge* akan berbeda dan menghasilkan perbedaan tegangan di antara *output* (-) dan *output* (+) *load cell* (2 *output load cell* hanya sebagai tanda untuk input (+) dan input (-) modul HX711). Kedua *output load cell* akan diproses oleh modul HX711 yang berperan sebagai *differential amplifier load cell*. Selanjutnya akan diolah oleh IC ADC HX711, sehingga *output* dari modul HX711 berupa sinyal digital. *Output* HX711

akan dikirimkan menuju mikrokontroler *Arduino Uno* dengan menggunakan komunikasi serial. Hasil data digital akan diubah menjadi tampilan yang dapat dibaca melalui LCD 4x20. Pada tampilan LCD 4x20 akan menampilkan milliliter cairan keluar dan milliliter sisa cairan infus. Saat *load cell* menerima beban yang kurang dari batas minimum yang sudah ditentukan, maka mikrokontroler akan memberi perintah untuk mengaktifkan *solenoid pinch valve* dan menyalakan indikator. *Solenoid pinch valve* akan aktif dan akan menjepit selang infus (Amano *et al.*, 2012).

Gambar 5 memperlihatkan realisasi bentuk sistem alat yang dirancang. Tampak

Gambar 5  
Bentuk dan Display Alat



pada gambar beban yang diukur terdiri dari 2 kantong infus disebelah kanan dan kiri. Tanda angka 1 dan 2 adalah penempatan masing-masing *load cell*. Pada bagian bawah terdapat kotak panel untuk menempatkan *hardware* (ADC HX711, tombol menu, arduino Uno, baterai, *charger* baterai, LED, LCD, modul *relay*). Pada bagian samping luar bagian kanan-kiri kotak panel ditempatkan masing-masing 1 *pinch valve*. Displai alat menunjukkan sisa volume cairan infus yang terdapat dalam kantong infus.

Perancangan *software* yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 6 dengan keterangan sebagai berikut: pada bagian sistem alat terdapat tombol A, tombol B, dan tombol C, yang digunakan untuk memilih berat infus, serta digunakan untuk *start* dan *stop*. Ketika tombol ditekan, maka arduino akan mendapat logika *high* dan nilai dari tombol akan berubah menjadi 1. Fungsi

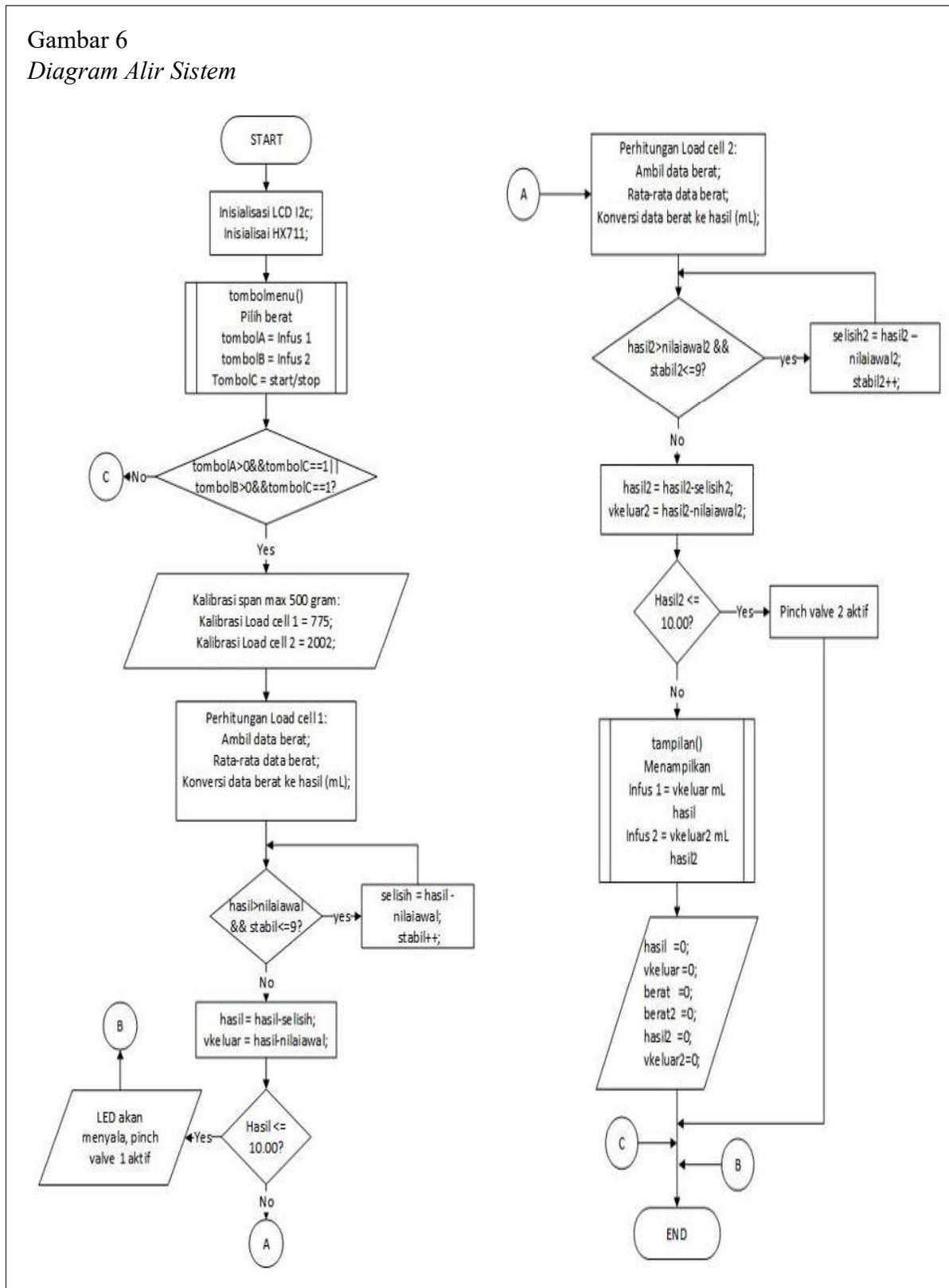
tombol akan di-*loop* sehingga nilai dari masing-masing tombol akan berubah sesuai dengan banyaknya penekanan pada masing-masing tombol. Perubahan nilai pada tombol, digunakan untuk memberikan nilai awal atau volume cairan yang diinginkan pada pemilihan berat infus yang akan digunakan.

Perhitungan konversi nilai dilakukan untuk mengubah nilai berat yang dibaca oleh sensor berat (*Load cell*) menjadi nilai volume (mL). Asumsi nilai volume cairan pada suhu ruang 25°C, dengan masa jenis air sebesar 0,997 g/cm<sup>3</sup>. Sehingga rumus yang digunakan untuk mengubah data berat menjadi data volume dengan menggunakan rumus (1).

$$\text{Volume (mL)} = \frac{\text{berat (gram)}}{0,997 \text{ g/cm}^3} \quad (1)$$

Pada diagram alir, *vkeluar*, *vkeluar2*, hasil, hasil2, merupakan nilai berat yang sudah diubah menjadi nilai volume. Dua

Gambar 6  
Diagram Alir Sistem



jenis data (data cairan yang tersisa dan data cairan yang sudah keluar) akan ditampilkan pada layar LCD 4x20. Kedua jenis data tersebut akan selalu berubah mengikuti perubahan cairan yang keluar maupun yang tersisa. Untuk menentukan berat cairan dengan menggunakan metode pengurangan pada setiap data berat baru yang didapatkan. Pada diagram alir, perhitungan penghilangan berat kantong dan selang dilakukan dengan rumus (2).

$$\text{selisih} = \text{hasil} - \text{nilai awal} \quad (2)$$

Perhitungan nilai selisih digunakan sebagai waktu untuk mendapatkan nilai yang stabil dari kantong infus sehingga nilai selisih yang digunakan adalah nilai selisih pada perhitungan yang terakhir. Nilai selisih yang didapatkan, digunakan sebagai nilai yang akan mengurangi setiap data berat yang terbaru kemudian dikonversi menjadi volume.

*Pinch valve* 1 dan 2 aktif ketika *input* 1 (IN1) dan *input* 2 (IN2) pada modul *relay* mendapatkan logika *low* dari pin arduino. Input pada modul *relay* menggunakan sistem aktif *low*. Perhitungan *load cell* 2 menggunakan proses yang sama dengan perhitungan *load cell* 1.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk mendapatkan hasil penelitian langkah-langkah yang dilakukan adalah melakukan pengukuran dan pengujian

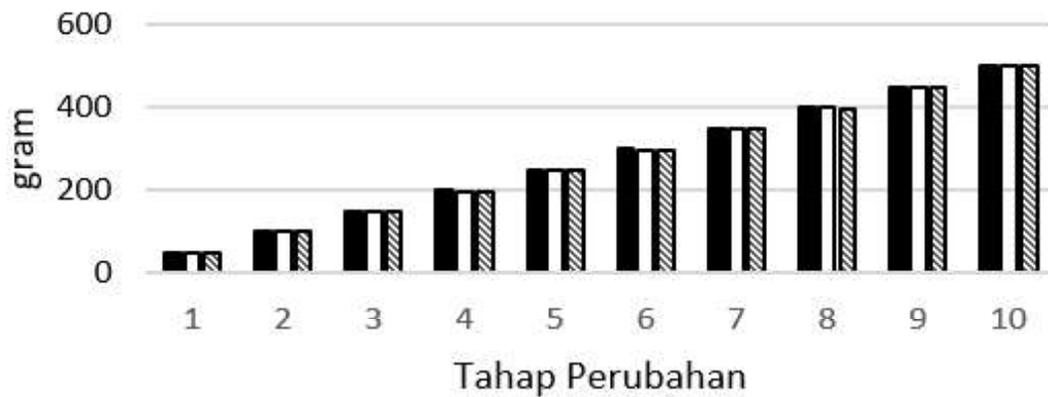
alat. Pengukuran dilakukan dengan cara menimbang gabungan 2 set anak timbangan yang sudah terkalibrasi yang digunakan di laboratorium, kemudian membandingkan hasilnya dengan pengukuran menggunakan Precissa 3000D dan sistem HX711. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem alat HX711 yang telah dirancang. Tipe alat ukur pembanding yang digunakan adalah Precisa 3000D. Untuk pengukuran volume cairan menggunakan gelas ukur Bomex 500 mL dan Iwaki CTE33 100 mL. Hasil Observasi pengukuran berat dengan referensi anak timbangan terkalibrasi dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7 menunjukkan bahwa sistem HX 711 melakukan pengukuran berat mendekati berat sesungguhnya dari anak timbangan terkalibrasi. Demikian juga dengan membandingkan pengukuran berat dengan Precissa 3000D dan sistem HX711 hasil yang diperoleh hampir sama.

Grafik pada Gambar 8 memperlihatkan perbandingan observasi berat anak timbangan terhadap Precissa 3000D dan sistem HX711. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa selisih kesalahan pengukuran berat anak timbangan sangat kecil sekali sehingga saat digambarkan menggunakan grafik 2 dimensi akan terlihat seperti 1 garis lurus yang sama. Supaya mudah dikenali maka grafik diperlihatkan menggunakan sisi 3 dimensi.

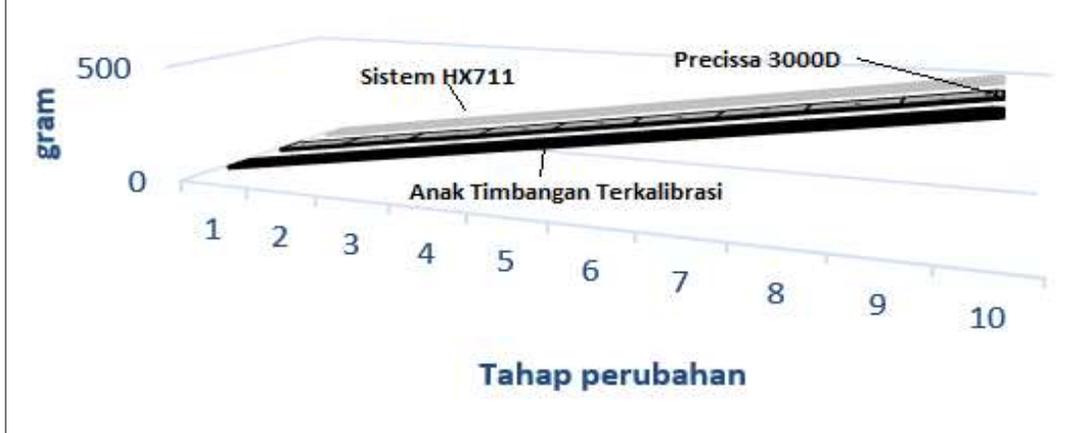
Gambar 7

Observasi Berat dengan Referensi Anak Timbangan Terkalibrasi



Gambar 8

Grafik Perbandingan Observasi Berat

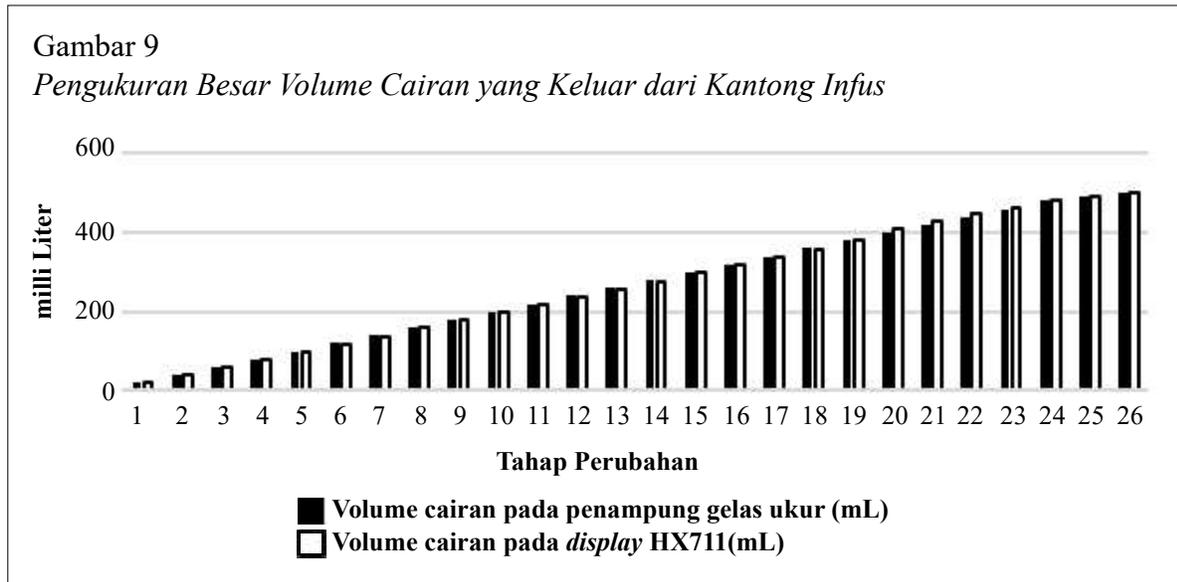


Pengukuran tahap berikutnya adalah besar volume cairan. Cairan yang digunakan untuk uji coba adalah air PDAM. Air PDAM dimasukkan kedalam kantong infus bekas, yang besar volume cairan yang dimasukkan sudah terlebih dahulu diukur menggunakan gelas ukur Bomex 500 mL. Pengukuran cairan yang keluar dari kantong infus ditampung kembali dengan menggunakan gelas ukur Bomex 500 mL dan displai pada

sistem HX 711 akan menunjukkan besar volume cairan yang keluar tersebut. Besar volume cairan yang keluar dari kantong infus digambarkan pada Gambar 9.

Grafik pada Gambar 9 menunjukkan hasil pengukuran volume cairan air yang keluar dari kantong infus bekas yang ditampung dengan menggunakan gelas ukur. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa sistem HX711 dapat menampilkan hasil

Gambar 9  
Pengukuran Besar Volume Cairan yang Keluar dari Kantong Infus



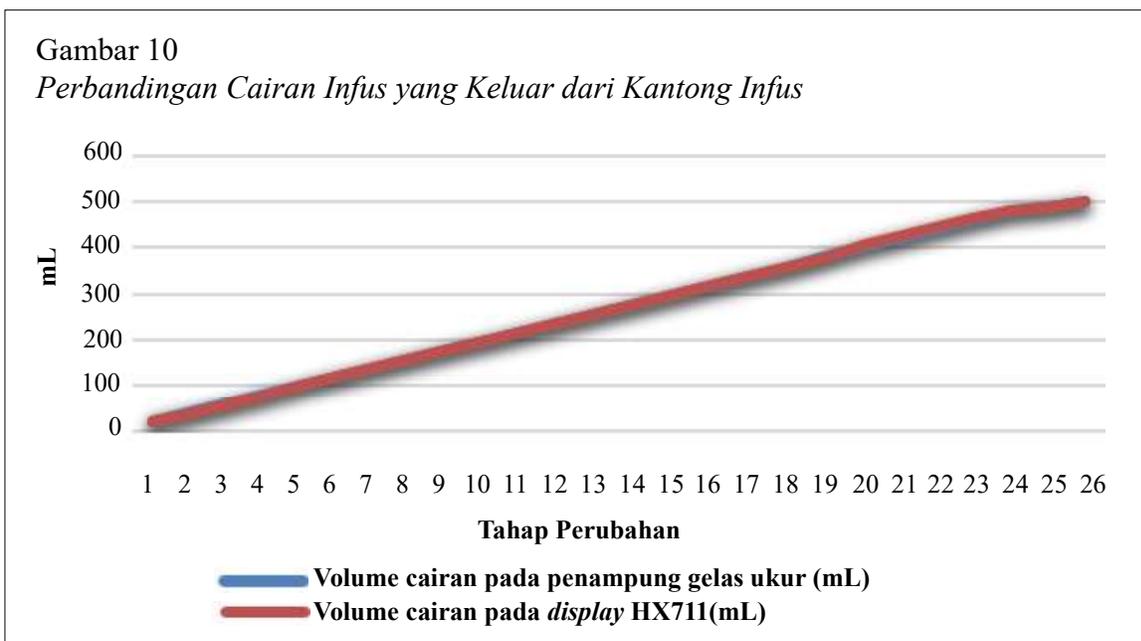
volume cairan air yang keluar dari kantong infus mendekati nilai besar volume cairan yang terbaca dari gelas ukur.

Gambar 10 menunjukkan perbandingan grafik volume cairan yang keluar dan ditampung pada gelas ukur dibandingkan dengan displai yang terlihat pada sistem HX

711. Dari grafik tersebut terlihat mempunyai selisih yang sangat kecil sekali, hampir tidak terdapat perbedaan.

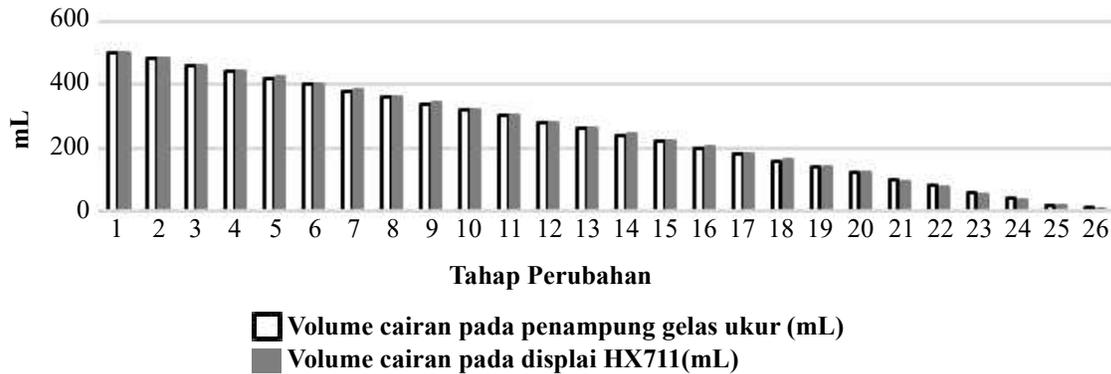
Gambar 11 memperlihatkan grafik besar volume cairan yang dimasukkan ke kantong infus yang sebelumnya volume cairan tersebut telah diukur menggunakan

Gambar 10  
Perbandingan Cairan Infus yang Keluar dari Kantong Infus



Gambar 11

*Pengukuran Besar Volume Cairan yang Masuk Kantong Infus dan Penghentian Aliran Cairan pada 10mL*



gelas ukur. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa displai sistem HX 711 dapat menampilkan besar volume cairan yang hampir sama dengan volume cairan dari gelas ukur pada saat *pinch valve* diaktifkan. Demikian juga pada saat cairan yang tersisa dari dalam kantong infus minimal tinggal 10mL, *pinch valve* berfungsi dengan baik, menjepit selang sehingga cairan infus tidak dapat mengalir lagi. Cairan yang tersisa

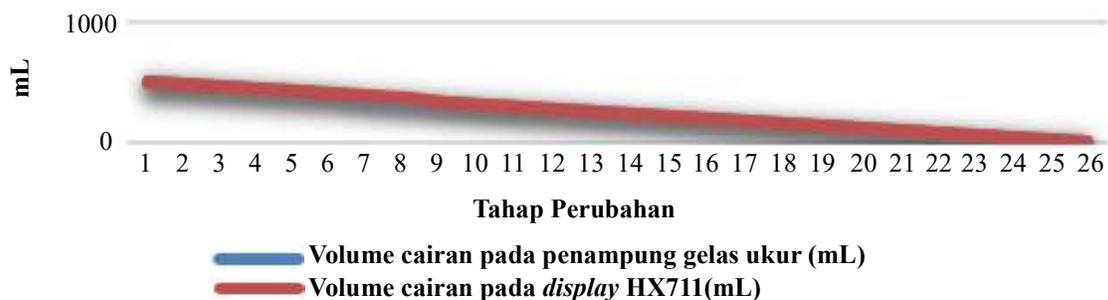
tersebut diukur dengan menggunakan gelas ukur terbaca 10mL sedangkan pada displai sistem HX 711 terbaca 9,23mL.

Gambar 12 menunjukkan bahwa perbandingan pengukuran volume yang masuk kantong infus yang diukur menggunakan gelas ukur dengan displai sistem HX 711 memiliki selisih yang sangat kecil.

Gambar 13 menunjukkan manekin tangan yang memiliki selang yang

Gambar 12

*Perbandingan Pengukuran Besar Volume Cairan yang Masuk Kantong Infus dan Penghentian Aliran Cairan pada 10mL*



ditanamkan di bagian dalam manekin tangan. Hal ini digunakan sebagai pengganti saluran intravena. Pemasangan alat set infus dengan sistem HX 711 pada pasien, sama dengan pemasangan set infus pada umumnya (SOP, 2018). Perbedaan yang terjadi adalah terdapat tambahan tindakan manual untuk menjepitkan selang infus pada tuas penjepit yang terdapat *pinch valve*. Jumlah tetes per menit tidak dihiraukan karena hanya menguji penjepitan *pinch valve* ketika volume cairan tersisa kurang dari 10 mL pada kantong infus. Dari percobaan pada tangan manekin, *pinch valve* aktif dan menjepit selang infus ketika volume pada kantong infus tersisa kurang dari 10 mL.

Gambar 13  
*Pengujian pada Manekin dalam Kantong*



## **SIMPULAN**

Dari hasil perancangan, realisasi, pengukuran dan pengujian alat yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa

kesimpulan sebagai berikut: mengukur jumlah cairan yang keluar dari kantong infus dapat dimonitor dengan baik dengan cara melakukan observasi pengukuran berat cairan, kemudian melakukan konversi dari berat menjadi volume, dan melakukan konversi untuk menghitung sisa cairan. Dari hasil grafik observasi berat pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa sistem HX 711 melakukan pengukuran berat mendekati berat sesungguhnya dari anak timbangan terkalibrasi. Demikian juga dengan membandingkan pengukuran berat dengan Precissa 3000D dan sistem HX711 hasil yang diperoleh hampir sama. Grafik perbandingan observasi berat anak timbangan terhadap Precissa 3000D dan sistem HX711 pada Gambar 8 menunjukkan bahwa selisih kesalahan pengukuran berat anak timbangan sangat kecil sekali sehingga yang terlihat hampir seperti satu garis lurus yang sama.

Hasil pengukuran volume cairan air yang keluar dari selang infus dapat dilihat bahwa sistem HX711 pada displai dapat menampilkan besar volume cairan air yang keluar dari kantong infus mendekati nilai besar volume cairan yang keluar dari kantong infus yang terbaca dari gelas ukur (Gambar 9). Grafik perbandingan volume cairan yang keluar dan ditampung pada gelas ukur dan displai sistem HX 711 mempunyai selisih yang sangat kecil, hampir tidak terdapat

perbedaan sehingga grafik yang terbentuk hanya 1 garis (Gambar 10).

Sistem HX 711 pada displai dapat menampilkan besar volume cairan yang hampir sama dengan besar volume cairan yang dimasukkan ke kantong infus bekas dari gelas ukur (Gambar 11). Grafik perbandingan pengukuran volume air yang masuk kantong infus dari gelas ukur dan dibandingkan dengan displai sistem HX 711 memiliki selisih yang sangat kecil sehingga yang terlihat hanya satu garis (Gambar 12).

Sistem HX 711 mampu melakukan monitor cairan infus hingga cairan yang tersisa dari dalam kantong infus tinggal 10mL dan *pinch valve* berfungsi dengan baik, menjepit selang sehingga cairan infus tidak dapat mengalir lagi. Cairan yang tersisa diukur dengan menggunakan gelas ukur terbaca 10mL sedangkan pada displai sistem HX 711 terbaca 9,23mL.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Amano, H., Ogawa, H., Maki H., Tsukamoto, S., Yonezawa, Y., &

Caldwell, W. M. (2012). A remote drip infusion monitoring system employing bluetooth. Dalam *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*.

Clark Solution. (2016). *Model PL latching pinch valve*. <https://www.clark sol.com/wpcontent/uploads/2016/09/PL.pdf>.

Datasheet HX711. (2018). *24-Bit analog-to-digital converter (ADC) for weigh scales*. [https://www.mouser.com/ds/2/813/hx711\\_english-1022875.pdf](https://www.mouser.com/ds/2/813/hx711_english-1022875.pdf).

Howedi, A., & Jwaid, A. (2016, December). *Design and implementation prototype of a smart house system at low cost and multi-functional*. Dipresentasikan pada 2016 Future Technologies Conference (FTC).

Putra, M. R. (2016). *Aplikasi sensor load cell sebagai pengukur berat serpihan cangkir plastik air mineral untuk menonaktifkan motor AC pada rancang bangun mesin penghancur plastik* (Disertasi doktor tidak diterbitkan). Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang. SOP Pemasangan Infus Lengkap (2018). (<https://www.nerslicious.com/2018/06/sop-pemasangan-infus.html>).

Takasago Electric. (2018). *Pinch valve*. (<http://www.takasago-fluidics.com/pdf/ps-1015no-e.pdf>).