

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pertumbuhan adalah perubahan secara fisiologis sebagai hasil dari proses pematangan fungsi-fungsi fisik yang berlangsung secara normal pada anak yang sehat pada waktu yang normal. Pertumbuhan dapat juga diartikan sebagai proses transmisi dari konstitusi fisik (keadaan tubuh atau keadaan jasmaniah) yang herediter dalam bentuk proses aktif secara berkesinambungan. Jadi pertumbuhan berkaitan dengan perubahan kuantitatif yang menyangkut peningkatan ukuran dan struktur biologis. Pendapat para ahli biologi tentang arti pertumbuhan telah dirangkum oleh Drs. H. M. Arifin, M. Ed. bahwa pertumbuhan diartikan sebagai suatu penambahan dalam ukuran bentuk, berat atau ukuran dimensi tubuh serta bagian-bagiannya (Wawi, 2013).

Pertumbuhan memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Dalam pertumbuhan akan terjadi perubahan ukuran dalam hal bertambahnya ukuran fisik, seperti berat badan, tinggi badan, lingkar kepala, lingkar lengan, lingkar dada, dan lain- lain.
2. Dalam pertumbuhan dapat terjadi perubahan proporsi yang dapat terlihat pada proporsi fisik atau organ manusia yang muncul mulai dari masa konsepsi hingga dewasa.

3. Pada pertumbuhan dan perkembangan terjadi hilangnya ciri-ciri lama yang ada selama masa pertumbuhan, seperti hilangnya kelenjar timus, lepasnya gigi susu, atau hilangnya refleks-refleks tertentu.
4. Dalam pertumbuhan terdapat ciri baru yang secara perlahan mengikuti proses kematangan, seperti adanya rambut pada daerah *aksila*, *pubis*, atau dada.

Salah satu indikator pertumbuhan manusia dalam hal ini bayi adalah bertambahnya berat badan bayi seiring dengan penambahan usia. Oleh karena itu dibutuhkan alat yang dapat digunakan untuk mengukur berat badan bayi. Pada penelitian-penelitian sebelumnya telah dibuat alat yang mampu mengukur berat badan bayi dengan memanfaatkan sensor fototransistor dan *led* oleh Nurul Fajri dan Wildian. Fototransistor berfungsi untuk mendeteksi sumber cahaya yang berasal dari *Led*. Sinyal keluaran dari sensor berat badan masuk ke rangkaian penguat *non-inverting* yang berperan menguatkan sinyal keluaran yang dihasilkan sensor berat badan tersebut. Cara kerja alat tersebut adalah dengan mengukur perubahan pegas dari sebelum dan setelah diberikan beban. menggunakan fototransistor dan *led*. Hal ini bertujuan untuk melihat perubahan dari pegas dengan cara memberikan variasi beban terhadap pegas. Pada proses ini massa beban divariasikan dari 1 hingga 10 kg terlihat bagaimana pegas tersebut merapat dan merenggang setelah diberikan beban. Setelah diketahui jarak sebelum dan sesudah diberikan beban dapat ditentukan berapa nilai dari konstanta pegas tersebut. Namun

dalam pembuatan alat tersebut masih memiliki *error* yang cukup tinggi yaitu 4,41 % dan beban minimal yang dapat diukur oleh alat adalah 2 Kg (Fajri & Wildian, 2014).

Martha Dinata THP, pada penelitiannya penulis membuat timbangan bayi digital berbasis mikrokontroler AT89S51. Penulis memanfaatkan sensor potensiometer sebagai sensor berat. Prinsip kerja dari alat tersebut adalah dengan memanfaatkan gerigi atau *gear*. Gerigi tersebut terhubung pada sebuah besi yang digerakkan oleh pegas. Dan pegas tersebut apabila terkena sebuah tekanan maka akan bergerak sehingga menyebabkan bergerakinya gerigi dan mengakibatkan poros timbangan berputar sehingga bisa dimanfaatkan untuk memutar potensiometer. Potensiometer mendapat *supply* 5V dari *power supply* sehingga apabila potensiometer berputar maka akan mengeluarkan tegangan tertentu yang kemudian masuk ke penguat dan selanjutnya diproses oleh *ADC*. *ADC* yang digunakan masih terpisah dengan mikrokontroler AT89S51. Hasil pengukuran ditampilkan di *LCD*. Pada penelitian tersebut masih terdapat kekurangan diantaranya kelinieran yang diperoleh tidak sempurna yang diakibatkan oleh perbedaan besarnya putaran pada *variable* resistor dan ketidaklenturan pegas, masih terdapat *noise* yang tinggi karena menggunakan *power supply* (Dinata, 2008).

Eko Prasetyo widodo, pada penelitiannya membuat suatu alat dengan judul instrumentasi pengukuran berat badan dan lingkar kepala bayi berbasis ATMega 16. Penulis memanfaatkan sensor *loadcell* sebagai

sensor berat dan ATmega 16 sebagai pemroses. Pada alat yang penulis buat masih menggunakan *power supply* dan tidak terdapat tombol *tera* yang berfungsi untuk me-nolkan beban sehingga data yang ditampilkan pada *LCD* merupakan berat kotor yaitu tidak murni dari berat bayi. Presentase penyimpangan yang dihasilkan dari alat tersebut sebesar 4%, sedangkan presentase penyimpangan terhadap timbangan analog sebesar 4,57% (Widodo, 2013).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Berat Badan Bayi

Berat badan merupakan ukuran antropometri yang terpenting dan paling sering digunakan pada bayi baru lahir (neonatus). Berat badan digunakan untuk mendiagnosis bayi normal atau BBLR (berat bayi lahir rendah) khususnya pada bayi baru lahir. Dikatakan BBLR apabila berat bayi lahir di bawah 2500 *gram* atau di bawah 2,5 kg karena berat lahir rata-rata bayi orang Indonesia mencapai 3000 *gram* (Aritonang, 2000). Berat badan pada masa pertumbuhan juga menunjukkan hasil peningkatan atau penurunan semua jaringan yang ada pada tubuh misalnya tulang, otot, organ tubuh dan cairan tubuh sehingga dipakai sebagai indikator untuk mengetahui keadaan gizi, tumbuh kembang anak dan dapat digunakan sebagai dasar perhitungan dosis dari makanan yang diperlukan dalam tindakan pengobatan. Penentuan berat badan dilakukan dengan cara penimbangan.

Berat badan bayi yang sangat rendah atau jauh dari batas bawah bayi normal dapat menjadi indikasi bahwa bayi tersebut kurang gizi dan biasanya mengakibatkan beberapa penyakit seperti *retardasi mental*. Tetapi juga dapat menjadi indikasi bahwa anak terkena *sindrom down* (Pena, 2012). Oleh sebab itu penting sekali bagi orangtua bayi untuk terus memantau pertumbuhan dan terus memberikan gizi yang cukup. Untuk dapat mengetahui besaran atau berat badan bayi maka dibutuhkan suatu alat untuk mengukur yaitu timbangan bayi. Adapun Berat Badan Normal Bayi Berdasarkan Usia dan Jenis Kelamin adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Berat Badan Bayi Normal Berdasarkan Usia dan Jenis Kelamin (*World Health Organization*) (Majalah Kesehatan, 2016).

Laki-Laki		Usia		Perempuan	
Batas Bawah	Batas Atas	Tahun	Bulan	Batas Bawah	Batas Atas
2.5	4.4	0	0	2.4	4.2
3.4	5.8	0	1	3.2	5.5
4.3	7.1	0	2	3.9	6.6
5.0	8.0	0	3	4.5	7.5
5.6	8.7	0	4	5.0	8.2
6.0	9.3	0	5	5.4	8.8
6.4	9.8	0	6	5.7	9.3
6.7	10.3	0	7	6.0	9.8
6.9	10.7	0	8	6.3	10.2
7.1	11.0	0	9	6.5	10.5
7.4	11.4	0	10	6.7	10.9
7.6	11.7	0	11	6.9	11.2
7.7	12.0	1	0	7.0	11.5

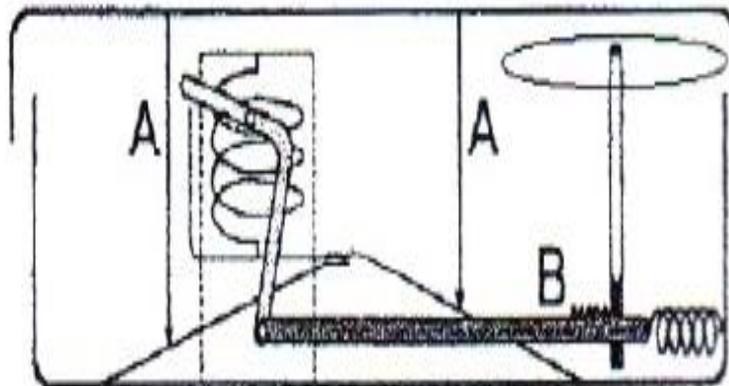
2.2.2 Timbangan Bayi

Timbangan bayi adalah suatu bentuk alat yang dapat mengetahui hasil atau jumlah berat badan pada bayi. Timbangan bayi pada umumnya sangat diperlukan bagi setiap orang, guna untuk mengetahui perkembangan berat badan pada bayi.

Timbangan bayi memiliki bentuk dan jenis yang berbeda, ada timbangan bayi analog dan digital.

1. Timbangan Analog

Secara sederhana prinsip kerja mekanik timbangan analog yaitu beban yang berada di atas timbangan akan diteruskan melalui penyangga A menuju plat tumpuan dan dihubungkan dengan pegas timbangan. Hal ini akan menyebabkan pegas dan ujung plat tumpuan akan tertarik ke bawah. Perubahan ini akan diteruskan oleh penggerak B sebagai gerakan translasi (ke kanan) yang selanjutnya akan menggerakkan tuas lempeng skala, sehingga lempeng skala akan berputar dan berhenti pada posisi tepat pada garis yang menunjukkan nilai berat badan.



Gambar 2.1 Timbangan Analog

2. Timbangan Bayi Digital

Timbangan Bayi digital memiliki tampilan berupa angka yang tercantum pada *seven segment* atau *LCD* dan biasanya pembacaan pada timbangan ini lebih akurat.

2.2.3 Mikrokontroler ATmega 8535

Mikrokontroler AVR ATmega8535 merupakan *chip* cerdas yang menjadi tren dalam pengendalian dan otomatisasi. Dengan banyak jenis keluarga, kapasitas memori, dan berbagai fitur, mikrokontroler menjadi pilihan dalam aplikasi prosesor mini untuk pengendalian skala kecil (Utomo, Syahputra dan I, 2011). Mikrokontroler ATmega 8535 adalah mikrokontroler CMOS 8 bit daya rendah berbasis arsitektur RISC. Instruksi dikerjakan pada satu siklus *clock*, ATmega 8535 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz, hal ini membuat ATmega 8535 dapat bekerja dengan kecepatan tinggi walaupun dengan penggunaan daya

rendah. Mikrokontroler ATmega 8535 memiliki beberapa fitur atau spesifikasi yang menjadikannya sebuah solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan. Mikrokontroler juga merupakan minimum system yang memiliki fitur rangkaian power on reset yang akan bekerja ketika system dinyalakan (Chamim, Ahmadi & Iswanto, 2016). Fitur-fitur tersebut antara lain (Budiharto, 2011):

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yang terdiri atas *Port A, B, C* dan *D*
2. *ADC (Analog to Digital Converter)*
3. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan
4. *CPU* yang terdiri atas 32 *register*
5. *Watchdog Timer* dengan *osilator internal*
6. *SRAM* sebesar 512 *byte*
7. *Memori Flash* sebesar 8kb dengan kemampuan *read while write*
8. Unit Interupsi *Internal* dan *External*
9. *Port* antarmuka *SPI* untuk *men-download* program ke *flash*
10. *EEPROM* sebesar 512 *byte* yang dapat diprogram saat operasi
11. Antarmuka komparator *analog*
12. *Port* *USART* untuk komunikasi serial.

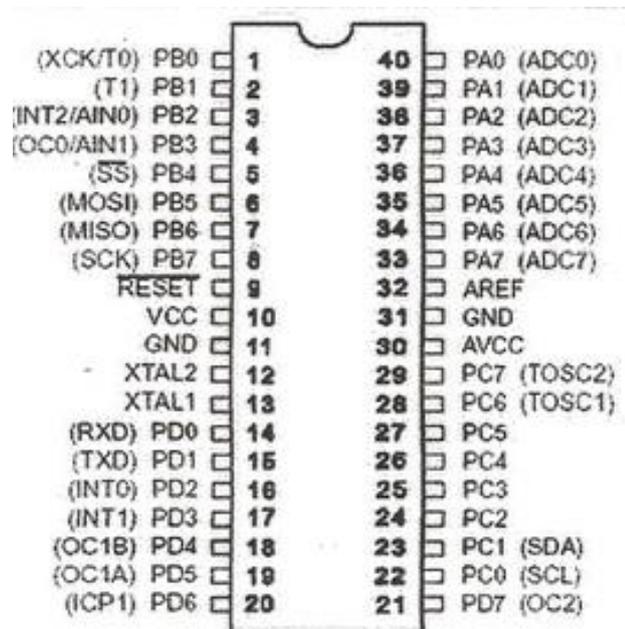
2.2.3.1 Konfigurasi Pin ATmega 8535

Mikrokontroler AVR ATmega memiliki 40 *pin* dengan 32 *pin* diantaranya digunakan sebagai *port paralel*. Satu *port paralel* terdiri dari 8 *pin*, sehingga jumlah *port* pada mikrokontroler adalah 4 *port*, yaitu *port A*, *port B*, *port C* dan *port D*. Sebagai contoh adalah *port A* memiliki *pin* antara *port A.0* sampai dengan *port A.7*, demikian selanjutnya untuk *port B*, *port C* dan *port D*. Diagram *pin* mikrokontroler dapat di lihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Diagram *Pin* ATmega 8535

Vcc	Tegangan suplai (5 volt)
GND	Ground
RESET	<i>Input reset level rendah</i> , pada <i>pin</i> ini selama lebih dari panjang pulsa <i>minimum</i> akan menghasilkan <i>reset</i> walaupun <i>clock</i> sedang berjalan. RST pada <i>pin</i> 9 merupakan <i>reset</i> dari AVR. Jika pada <i>pin</i> ini diberi masukan <i>low</i> selama minimal 2 <i>machine cycle</i> maka sistem akan di- <i>reset</i>
XTAL 1	<i>Input penguat osilator inverting</i> dan <i>input</i> pada rangkaian operasi <i>clock internal</i>
XTAL 2	<i>Output</i> dari penguat <i>osilator inverting</i>
Avcc	<i>Pin</i> tegangan suplai untuk <i>port A</i> dan ADC. <i>Pin</i> ini harus dihubungkan ke Vcc walaupun ADC tidak digunakan, maka <i>pin</i> ini harus dihubungkan ke Vcc melalui <i>low pass filter</i>
Aref	<i>pin</i> referensi tegangan <i>analog</i> untuk ADC
AGND	<i>pin</i> untuk <i>analog ground</i> . Hubungkan kaki ini ke GND, kecuali jika <i>board</i> memiliki <i>analog ground</i> yang terpisah

Gambar 2.2 berikut ini adalah konfigurasi *pin* ATmega8535



Gambar 2.2 Konfigurasi *Pin* ATmega 8535

Berikut ini adalah fungsi umum dan khusus dari masing-masing *port* yang terdapat pada ATmega 8535:

1. *Port* A

Pin 33 sampai dengan *pin* 40 merupakan *pin* dari *port* A. Merupakan 8 *bit directional port* I/O. Setiap *pin*-nya dapat menyediakan *internal pull-up resistor* (dapat diatur per *bit*). *Output buffer port* A dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung. *Data Direction Register port* A (DDRA) harus di-*setting*

terlebih dahulu sebelum *port A* digunakan. *Bit-bit* *DDRA* diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin* *port A* yang disesuaikan sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, *pin-pin* pada *port A* juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang terlihat pada Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Fungsi Khusus *Pin* pada *Port A*

<i>Pin</i>	Fungsi Khusus
PA.7	ADC7 (ADC <i>Input Channel</i> 7)
PA.6	ADC6 (ADC <i>Input Channel</i> 6)
PA.5	ADC7 (ADC <i>Input Channel</i> 5)
PA.5	ADC4 (ADC <i>Input Channel</i> 4)
PA.3	ADC3 (ADC <i>Input Channel</i> 3)
PA.2	ADC2 (ADC <i>Input Channel</i> 2)
PA.1	ADC1 (ADC <i>Input Channel</i> 1)
PA.0	ADC0 (ADC <i>Input Channel</i> 0)

2. *Port B*

Pin 1 sampai dengan *pin* 8 merupakan *pin* dari *port B*. Merupakan 8 *bit directional port I/O*. Setiap *pin*-nya dapat menyediakan *internal pull-up resistor* (dapat diatur per *bit*). *Output buffer port B* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung. *Data Direction Register port B* (*DDRB*) harus di-*setting*

terlebih dahulu sebelum *port B* digunakan. *Bit-bit* *DDRB* diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin port B* yang disesuaikan sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, *pin-pin port B* juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang terlihat pada Tabel 2.4:

Tabel 2.4 Fungsi Khusus *Pin* pada *Port B*

Pin	Fungsi Khusus
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/ Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/ Slave Input)
PB4	SS (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/ Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 T1 (Timer/Counter External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)

3. *Port C*

Pin 22 sampai dengan *pin 29* merupakan *pin* dari *port C*. *Port C* (*PortC0...PortC7*) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti yang terlihat pada Tabel 2.5:

Tabel 2.5 Fungsi Khusus *Pin* pada *Port C*

Pin	Fungsi khusus
PC7	TOSC2 (<i>Timer Oscillator Pin2</i>)
PC6	TOSC1 (<i>Timer Oscillator Pin1</i>)
PC5	<i>Input/Output</i>
PC4	<i>Input/Output</i>
PC3	<i>Input/Output</i>
PC2	<i>Input/Output</i>
PC1	SDA (<i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>)
PC0	SCL (<i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i>)

4. *Port D*

Pin 14 sampai dengan *pin* 20 merupakan *pin* dari *port D*. *Port D* (PortD0...PortD7) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti yang terlihat pada Tabel 2.6:

Tabel 2.6 Fungsi Khusus *Pin* pada *Port D*

Pin	Fungsi khusus
PD7	OC2 (<i>Timer/Counter Output Compare Match Output</i>)
PD6	ICP (<i>Timer/Counter1 Input Capture Pin</i>)
PD5	OC1A (<i>Timer/Counter1 Output Compare A Match Output</i>)
PD4	OC1B (<i>Timer/Counter1 Output Compare B Match Output</i>)
PD3	INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>)
PD2	INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>)
PD1	TXD (<i>USART Output Pin</i>)
PD0	RXD (<i>USART Input Pin</i>)

2.2.3.2 Keunggulan ATmega8535 dibandingkan dengan AT89S52

Setelah dilakukan pengamatan tentang karakteristik dari ATmega8535 (AVR) dan AT89S52 (MCS51) dimana digunakan pada penelitian sebelumnya yang berjudul Perancangan Timbangan Berat Badan Bayi Digital Berbasis Mikrokontroler AT89S52 dapat ditarik kesimpulan bahwa Mikrokontroler ATmega 8535 merupakan generasi AVR yang memiliki kapabilitas yang amat maju namun dengan biaya ekonomis yang cukup minimal (Iswanto & Raharja, 2010), selain itu dapat dilihat juga dari berbagai perspektif diantaranya:

1. Menggunakan Fitur RISC

Mikrokontroler ATmega 8535 merupakan IC buatan Atmel yang menggunakan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*), yang artinya prosesor tersebut memiliki set instruksi program yang lebih sedikit dibandingkan dengan MCS-51 yang menerapkan arsitektur CISC (*Complex Instruction Set Computer*) (Iswanto, Jamal & Setiady, 2011).

2. Kecepatan

Untuk mengeksekusi 1 buah instruksi, mikrokontroler AVR hanya memerlukan 1 clock saja, sedangkan MCS51 yaitu AT89S52 memerlukan 12 clock. Jadi dalam hal ini AVR lebih cepat dari MCS51.

3. Memori yang lebih besar

Untuk keluarga mikrokontroler AVR sudah banyak yang memiliki memori internal yang relatif besar. Untuk seri ATmega 8535: 16 Kb (Flash memory), 512 Bytes (EEPROM), 1 Kb (RAM), sedangkan untuk AT89S52 memiliki 8 Kb (Flash memory), 256 bytes (RAM). Dari sini terlihat kapasitas memori AVR lebih besar daripada AT89S52. AVR juga memiliki EEPROM internal sehingga tidak perlu memakai EEPROM eksternal seperti pada AT89S52.

4. Efisiensi Perangkat Keras

Dengan AVR, dapat mengurangi penggunaan komponen pendukung seperti EEPROM eksternal bahkan tidak perlu lagi menggunakan EEPROM eksternal. Untuk sumber clock pada AVR telah tersedia secara terintegrasi, karena didalamnya sudah terdapat *XTAL* yang bisa

diaktifkan sehingga tidak perlu memakai *XTAL* tambahan lagi. Untuk nilainya bisa dikalibrasi sendiri apakah 4 *Mhz*, 1 *Mhz* atau lainnya. Sebagai catatan untuk kebutuhan akurasi *XTAL* eksternal masih perlu diatur. Akan tetapi jika akurasi tidak terlalu signifikan, cukup *XTAL* internal saja yang digunakan. Bagi yang memerlukan *ADC* untuk konversi sinyal analog ke digital tidak perlu lagi memakai *ADC* eksternal (*ADC* 0804) karena untuk AVR seri ATmega 8535 sudah ada *ADC* internal 10 bit.

5. Fitur-fitur tambahan

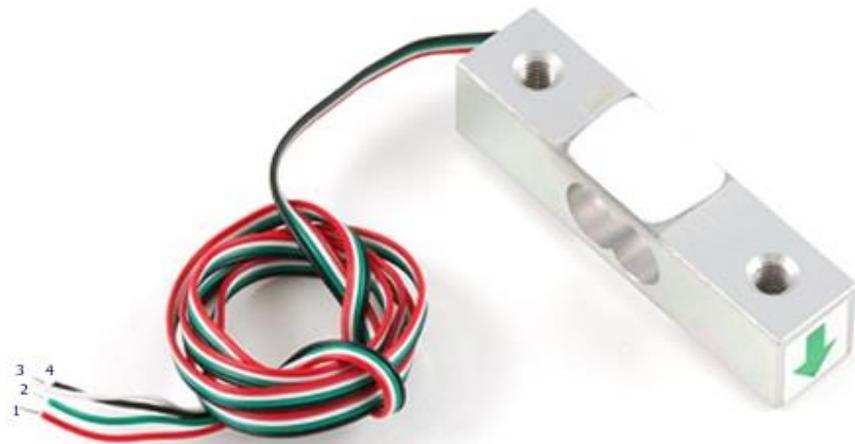
Mikrokontroler AVR memiliki fitur-fitur tambahan lainnya yang tidak terdapat pada mikrokontroler MCS51. Diantaranya :

- a. RTC dengan *oscilator* terpisah.
- b. *PWM* (*Pulse Width Modulation*).
- c. *ADC* 10 bit internal.
- d. *Master / slave SPI Serial interface*.
- e. *On chip analog comparator*.

2.2.4 Sensor *Loadcell*

Sensor *loadcell* merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat suatu beban. Sensor *loadcell*

umumnya digunakan sebagai komponen utama pada sistem timbangan digital. Tingkat keakurasian timbangan bergantung dari jenis *loadcell* yang dipakai. Sensor *loadcell* apabila diberi beban pada inti besi maka nilai resistansi di *strain gauge*-nya akan berubah yang kemudian dikeluarkan melalui 4 buah kabel.



Gambar 2.3 Bentuk Fisik Sensor *Load Cell*

Keterangan Gambar 2.3:

1 (Merah) : Kabel eksitasi (+)

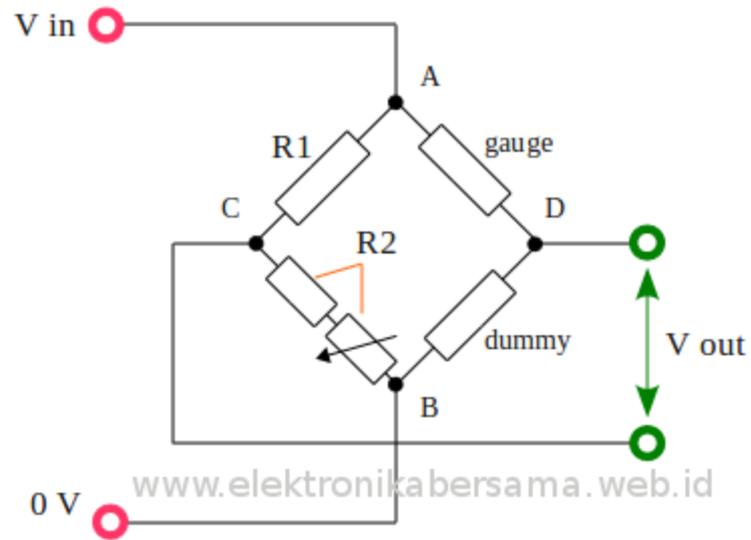
2 (Hijau) : Signal (+)

3 (Putih) : Signal (-)

4 (Hitam) : Eksitasi (-)

Sebuah *loadcell* terdiri dari konduktor, *strain gauge*, dan jembatan *wheatstone* (*wheatstone bridge*). Sebuah konduktor atau kawat memiliki sejumlah resistansi. Tergantung pada diameternya. Semakin besar diameter, semakin rendah resistansinya, begitu pula sebaliknya (Anonym, 2015).

Strain gauge terdiri atas sebuah *strip foil* logam, kawat logam datar atau strip bahan semikonduktor yang dapat dilekatkan pada sebuah permukaan seperti halnya peranko surat. Apabila kawat, lembaran logam, strip, atau semikonduktor mengalami peregangan maka nilai resistansinya (R) akan berubah. Perubahan fraksional resistansi $\frac{\Delta R}{R}$ adalah berbanding lurus dengan regangan ϵ yaitu $\frac{\Delta R}{R} = G\epsilon$. Dimana G adalah konstanta perbandingan, dikenal dengan istilah *factor gauge*. *Strain gauge* logam umumnya memiliki nilai *factor gauge* dengan orde 2,0. Apabila *strain gauge* diregangkan maka resistansinya akan bertambah sedangkan bila dirapatkan, maka resistansi akan berkurang. Perubahan nilai resistansi ini sangat kecil, sehingga diperlukan rangkaian khusus untuk mengukurnya (Bolton, 2006).



Gambar 2.4 *Wheatstone Bridge*

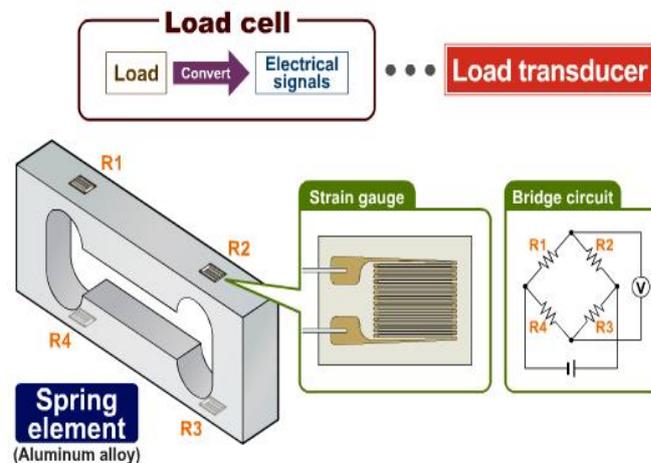
Rangkaian pada Gambar 2.4 adalah sebuah jembatan *Wheatstone* (*Wheatstone bridge*). Salah satu dari keempat sisi rangkaian ditempati oleh *gauge* dan sisi lainnya oleh sebuah *gauge* lain yang identik, yang disebut sebagai *dummy*. *Gauge* kedua ini (*dummy*) tidak dikenakan tekanan mekanis, namun dimaksudkan untuk mengimbangi perubahan tahanan pada *gauge* pertama yang diakibatkan oleh suhu. R2 adalah kombinasi seri antara sebuah resistor tetap dan sebuah resistor variabel.

Salah satu cara untuk mengetahui besarnya perubahan tahanan *gauge* adalah dengan mengatur resistor variabel sedemikian rupa sehingga tegangan pada titik C sama dengan tegangan pada titik D. Ketika hal ini dapat dicapai, rangkaian jembatan dikatakan berada dalam keadaan seimbang dan V_{out} akan

sama dengan nol. Selanjutnya kita menghitung tahanan *gauge* dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_{gauge}}{R_{dummy}} \quad (2.1)$$

Nilai-nilai R_1 dan R_2 diketahui. Tahanan *dummy* pada titik suhu yang baku dapat diketahui dari sebuah *datasheet*, sehingga kita dapat menghitung tahanan *gauge*, dibawah tekanan mekanis, yang belum diketahui. Langkah terakhir adalah menghitung gaya yang hendak diukur, dengan merujuk pada perubahan tahanan *gauge*. Biasanya rangkaian jembatan ini dikalibrasi dengan cara memberikan gaya dengan nilai-nilai yang telah diketahui besarnya, mengukur perubahan tahanan *gauge*, dan memplot hasil-hasil pengukuran ini dalam bentuk grafik yang menggambarkan gaya dan tahanan.



Gambar 2.5 Susunan Sensor *Load Cell*

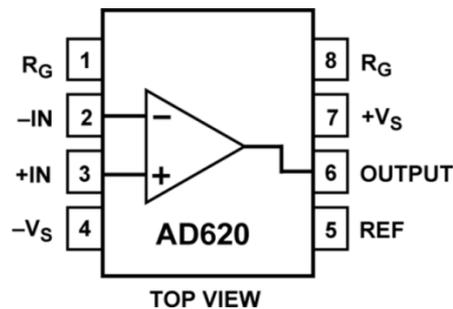
2.2.5 Pengkondisi Sinyal Analog

Sinyal keluaran dari sebuah sensor biasanya tidak sesuai dengan yang dibutuhkan, oleh sebab itu harus diproses terlebih dahulu supaya cocok untuk ditampilkan atau digunakan pada sistem kontrol atau kendali. Sebagai contoh, sinyal keluaran sensor mungkin terlalu kecil sehingga harus diperkuat terlebih dahulu, sinyal analog yang harus dikonversi ke sinyal digital maupun sebaliknya, perubahan nilai resistansi yang harus dibuat menjadi perubahan arus, perubahan nilai tekanan yang harus diubah menjadi perubahan arus, dan lain sebagainya (Herdiyanto, 2011).

Prinsip kerja sensor itu sendiri ialah mengubah suatu besaran non listrik yang terukur menjadi suatu besaran listrik. Untuk membentuk sensor tersebut kita memanfaatkan variabel dinamik yang mempengaruhi karakteristik suatu bahan. Oleh sebab itu pengkondisi sinyal analog berperan penting sebagai pengubah keluaran sensor ke suatu bentuk yang merupakan antarmuka dengan elemen-elemen lain pada suatu kontrol proses.

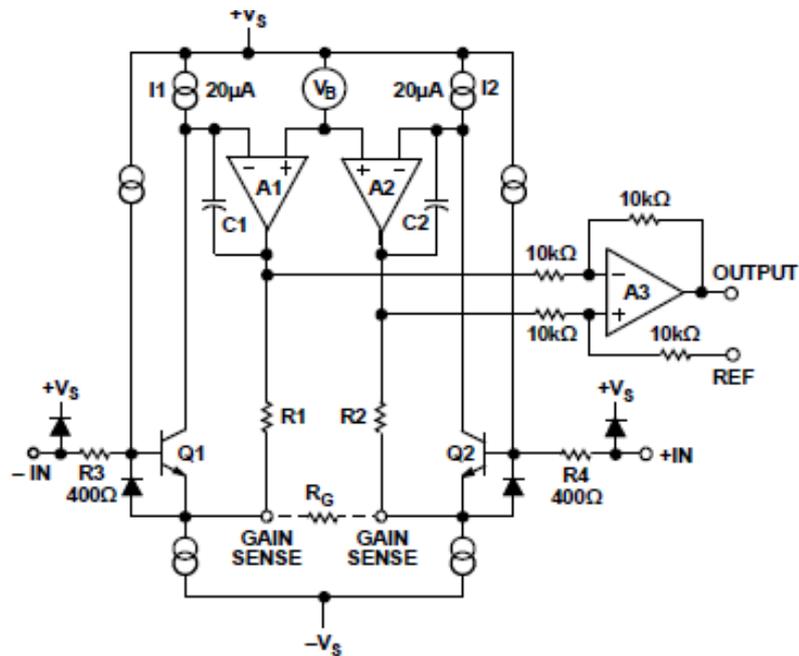
Pada pembuatan alat ini, penulis menggunakan *IC AD620* sebagai penguat sinyal. *IC AD620* adalah *IC instrumen amplifier* yang sangat murah harganya, yang hanya membutuhkan resistor untuk mengatur *gain* antara 1 – 10.000. *IC AD620* membutuhkan konsumsi arus yang kecil, maksimal 1,3 mA, hal ini sangat bagus

digunakan untuk aplikasi dengan baterai sebagai sumber daya atau aplikasi *portable* lainnya. AD620 juga sangat cocok untuk digunakan pada sistem yang membutuhkan ketelitian tinggi misalnya timbangan, aplikasi medikal seperti *ECG* dan pemantauan tekanan darah (Prayoga, 2011).



Gambar 2.6 Konfigurasi IC AD620 (*Datasheet AD620*)

IC AD620 merupakan penguat instrumentasi berdasarkan modifikasi dari pendekatan 3 *op-amp* yang sudah terintegrasi di dalam sebuah IC. Penggunaan nilai mutlak memungkinkan pengguna untuk mengatur penguatan secara akurat (dari 0,15% pada $G = 100$) hanya dengan menggunakan satu buah resistor.



Gambar 2.7 Schematic AD620 (Datasheet AD620)

Transistor *input* Q1 dan Q2 menyediakan sepasang differensial *single input bipolar* untuk menghasilkan presisi yang tinggi, belum menawarkan 10x *input* rendah arus semu berterimakasih kepada proses superbeta. *Feedback* yang melewati *loop* Q1-A1-R1 dan *loop* Q2-A2-R2 mempertahankan arus kolektor konstan pada input Q1 dan Q2, dengan demikian akan mempengaruhi tegangan input yang melewati penguatan eksternal dengan mengatur resistor Rg. Hal ini menciptakan perbedaan tegangan dari input ke output A1/A2 diberikan dengan rumus:

$$G = \frac{(R1+R2)}{Rg+1} \quad (2.2)$$

Pengurangan penguatan bersama, A3 menghilangkan beberapa *common-mode signal*, sehingga hasil akhir keluaran menunjuk pada potensial pin referensi.

Nilai R_g juga menentukan alih hantaran dari *pre-amp*. Seperti nilai R_g diturunkan untuk didapatkan penguatan yang lebih besar, alih hantaran meningkatkan asymptotical ke *input* transistor. Hal ini mempunyai 3 keuntungan penting yaitu:

1. *Open-loop gain* mendorong untuk meningkatkan penguatan yang diprogramkan, dengan demikian dapat mengurangi kesalahan hubungan penguatan
2. Hasil *gain-bandwidth* (ditentukan dengan C1 dan C2 dan alih hantaran *pre-amp*) meningkat dengan penguatan yang diprogramkan, dengan demikian akan mengoptimalkan respon frekuensi
3. *Noise* tegangan *input* dikurangi ke nilai $9 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$, sebagian besar ditentukan oleh arus kolektor dan resistansi basis pada *input*

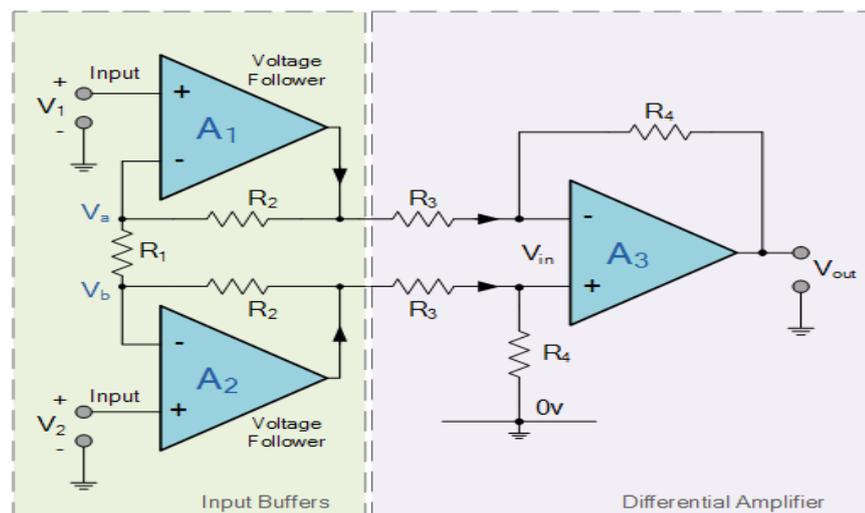
Resistor penguatan internal, R1 dan R2 diatur menjadi nilai yang mutlak yaitu $24,7 \text{ k}\Omega$, dengan membiarkan penguatan diprogram secara akurat dengan satu resistor eksternal.

Dengan menggunakan rangkaian penguat instrumentasi, beda potensial dengan dua masukan akan dikuatkan. Besar penguatannya dicari melalui persamaan (*Datasheet AD620*):

$$\text{Gain} = \frac{49,4 \text{ K}\Omega}{R_{\text{gain}}} + 1 \quad (2.3)$$

$$R_g = \frac{49,4 \text{ K}\Omega}{G-1} \quad (2.4)$$

Adapun penguat instrumentasi pada umumnya merupakan suatu rangkaian *closed loop* yang terdiri dari 3 *Op-Amp* yaitu penguat penyangga dan penguat diferensial. Penguat penyangga atau biasa disebut sebagai pengikut tegangan merupakan rangkaian dengan penguatan satu, sedangkan penguat diferensial merupakan penguat yang memiliki 2 *input* tegangan dan 1 *output* tegangan dimana tegangan outputnya proporsional terhadap perbedaan kedua tegangan inputnya.



Gambar 2.8 Penguat Instrumentasi

Dua *amplifier* non-pembalik membentuk tahap masukan diferensial yang bertindak sebagai penguat penyangga dengan penguatan sebesar $1 + 2R_2/R_1$ untuk sinyal masukan diferensial

dan *gain* untuk sinyal masukan modus umum. Karena *amplifier* A1 dan A2 merupakan rangkaian *loop* tertutup *inverting amplifier*, maka kita bisa mendapatkan tegangan pada V_a menjadi sama dengan tegangan V_1 masukan. Demikian juga, tegangan pada V_b sama dengan nilai pada V_2 .

Sebagai *op-amp* maka tidak ada arus yang mengalir pada terminal *input* mereka (*virtual ground*), arus yang sama mengalir melalui tiga resistor yaitu R_2 , R_1 dan R_2 yang terhubung pada *output op-amp*. Kemudian ini berarti bahwa tegangan pada ujung atas R_1 akan sama dengan V_1 dan tegangan pada ujung bawah R_1 untuk menjadi sama dengan V_2 . Ini menghasilkan jatuh tegangan resistor R_1 yang sama dengan perbedaan tegangan antara *input* V_1 dan V_2 , tegangan *input* diferensial, karena tegangan di persimpangan penjumlahan masing-masing penguat, V_a dan V_b adalah sama dengan tegangan yang diterapkan pada *input* positif.

Namun, jika tegangan mode umum diterapkan pada *input amplifier*, tegangan pada setiap sisi R_1 akan sama, dan tidak ada arus yang akan mengalir melalui resistor ini. Karena tidak ada arus mengalir melalui R_1 karena itu, baik melalui resistor R_2 , *amplifier* A1 dan A2 akan beroperasi sebagai *gain* pengikut (*buffer*). Karena tegangan *input* pada *output* dari *amplifier* A1 dan A2 muncul diferensial seluruh jaringan tiga resistor. *Gain* diferensial sirkuit dapat divariasikan dengan hanya mengubah nilai R_1 .

Tegangan *output* dari diferensial op-amp A3 bertindak sebagai pengurang, karena adanya perbedaan antara dua input ($V_2 - V_1$) dan yang diperkuat oleh keuntungan dari A3 (dengan asumsi bahwa $R_3 = R_4$). Kemudian didapat rumus umum untuk keuntungan tegangan keseluruhan dari penguat rangkaian instrumentasi sebagai berikut:

Instrumentation Amplifier Equation

$$V_{\text{OUT}} = (V_2 - V_1) \left[1 + \frac{2R_2}{R_1} \right] \left(\frac{R_4}{R_3} \right) \quad (2.5)$$

Karakteristik penguat instrumentasi dapat dijelaskan sebagai berikut (Bayihamka, 2013):

1. Impedansi input sangat tinggi.
2. CMRR tinggi.
3. Penguatan sangat besar dan presisi.

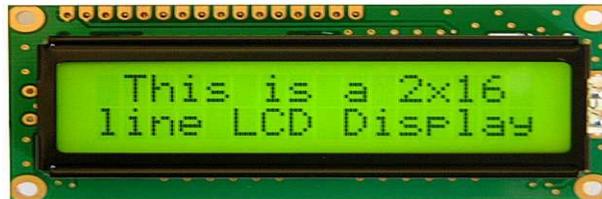
Konfigurasi dua buah penguat tak membalik pada bagian input dengan sebuah resistor umpan balikbersama (R_1) selain memberikan impedansi input sangat tinggi juga menyebabkan rangkaian ini mempunyai CMRR yang cukup besar. Optimasi CMRR dapat dilakukan dengan menambahkan sebuah resistor variabel.

2.2.6 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Cristal Display (LCD) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi *CMOS logic* yang

bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. *LCD* berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik (Munandar, 2012).

Layar kristal cair (*LCD*) berbentuk tipis, layar datar dibuat dari sejumlah warna atau *pixel-pixel* monokrom yang disusun didepan sumber sinar atau *reflector* (pemantul). Oleh para teknisi dianggap paling berharga karena menggunakan elektrik *power* berukuran sangat kecil.



Gambar 2.9 *LCD Display 2x16*

Pada modul *LCD* terdapat 16 buah pin yang digunakan untuk melakukan komunikasi dengan mikrokontroler. Pin-pin tersebut diantaranya adalah pin VSS, VDD, VO, RS, R/W, E, DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6, DB7, A, K. Catudaya yang diberikan untuk *LCD 16X2* adalah 5V. Kisaran toleransi catudaya yang diijinkan agar *LCD* dapat beroperasi dengan baik adalah antara 4,5V hingga 5,5V. Pemberian catudaya yang tidak sesuai dengan batas toleransi yang telah ditentukan dapat menimbulkan

masalah pada *LCD* seperti kerusakan pada komponen *LCD* atau *LCD* tidak dapat bekerja dengan semestinya. Di dalam modul *LCD* terdapat kontroler, kontroler tersebut memiliki 2 buah *register* 8 bit yaitu *instruction register* (*IR*) dan *data register* (*DR*). *IR* menyimpan kode – kode instruksi , seperti membersihkan tampilan dan pergeseran kursor, dan informasi alamat untuk *Display Data RAM* (*DD-RAM*) dan *Character Generator* (*CG-RAM*). *DR* menyimpan data sementara untuk ditulis atau dibaca dari *DD-RAM* atau *CG-RAM*. Ketika informasi alamat ditulis ke *IR*, kemudian menyimpan data kedalam *DR* dari *DD-RAM* atau *CG-RAM*. Dengan menggunakan sinyal *register selector* (*RS*), kedua *register* dapat dipilih.