

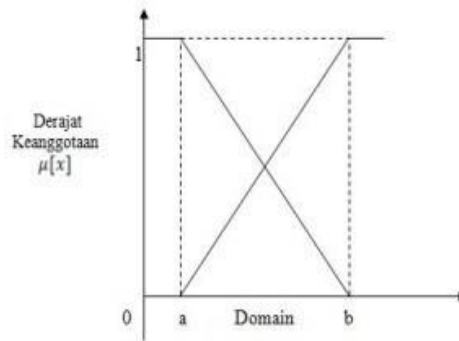








ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar 2.5 merupakan bentuk representasi himpunan *fuzzy* bahu.



Gambar 2.5 Representasi Bahu

Untuk menghitung derajat keanggotaan dalam representasi bahu, maka digunakan rumus seperti yang terdapat pada Persamaan 2.5.

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (b-x) / (b-a); & a < x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots (2.5)$$

Ada beberapa metode untuk merepresentasikan hasil logika fuzzy yaitu metode Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton. Output hasil inferensi masing-masing aturan adalah *z*, berupa himpunan biasa (*crisp*) yang ditetapkan berdasarkan -predikatnya. Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobotnya Metode Sugeno mirip dengan metode Mamdani, hanya *output* tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Ada dua model metode Sugeno yaitu model *fuzzy* sugeno orde nol dan model *fuzzy* sugeno orde satu.

**2.3 Evaluasi Aturan**

Setelah melalui proses fuzzifikasi, maka akan dilanjutkan dengan proses implikasi. Pada metode Mamdani, aplikasi fungsi implikasi menggunakan *MIN*, sedang komposisi aturan menggunakan metode *MAX*.

Metode Mamdani dikenal juga dengan metode *MAX-MIN*. Inferensi output yang dihasilkan berupa bilangan *fuzzy* maka harus ditentukan suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Proses ini dikenal dengan defuzzifikasi.

Pada proses komposisi aturan dikenal beberapa metode. Metode tersebut diantaranya adalah :

### 2.3.1 Metode *Maximum*

Pada metode ini solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikan ke output dengan menggunakan operator O.

Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Komposisi tersebut secara umum dapat dituliskan dalam persamaan 2.6.

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (\mu_{sf}[xi] , \mu_{kf}[xi]) \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

$\mu_{sf}[xi]$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[xi]$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

### 2.3.2 Metode *Minimum*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai minimum aturan. Secara umum dapat dituliskan dalam persamaan 2.7.

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \min ( 1, \mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi] ) \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana :

$\mu_{sf}[xi]$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[xi]$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

**2.3.3 Metode Probabilistik**

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dapat dituliskan dalam persamaan 2.8.

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (\mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi] ) - (\mu_{sf}[xi] * \mu_{kf}[xi])..... (2.8)$$

dimana :

$\mu_{sf}[xi]$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

**2.4 Defuzzifikasi**

Proses terakhir untuk menentukan keluaran dari proses logika fuzzy adalah proses defuzzifikasi. Pada proses defuzzifikasi juga dikenal beberapa metode dengan berbagai cirinya. Beberapa metode dalam proses defuzzifikasi adalah :

**1. Metode Centroid.**

Pada metode ini penetapan nilai *crisp* dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy* seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 2.9.

$$\text{Centroid of area } z_{COA} = \frac{\int_z \mu_A(z) z dz}{\int_z \mu_A(z) dz} ..... (2.9)$$

**2. Metode Largest of Maximum (LOM)**

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

$$z^* = \frac{\int_z z \sum_{k=1}^n \mu_{C_k}(z) dz}{\int_z \sum_{k=1}^n \mu_{C_k}(z) dz} .....(2.10)$$

### 3. Metode *Weighted Average*

Metode ini mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 2.11.

$$Z^* = \frac{\sum f(\bar{z}) \cdot \bar{z}}{\sum f(\bar{z})} \dots\dots\dots(2.11)$$

### 2.5 Kontrol *Proportional Integral Derivative (PID)*

Kontrol PID adalah sistem kontrol dapat memanipulasi input dari proses berdasarkan keadaan sebelumnya dan tingkat perubahan sinyal. Hal ini member keakuratan dan metode kendali yang stabil.

Ide dasarnya adalah bahwa sistem kendali membaca keadaan sistem menggunakan sensor. Kemudian nilai pembacaan tersebut akan dipakai untuk mengurangi nilai referensi yang diinginkan untuk menghasilkan nilai *error* seperti dalam Persamaan 2.12.

$$Error(t) = \text{Nilai Aktual} - \text{Setpoint} \dots\dots\dots(2.12)$$

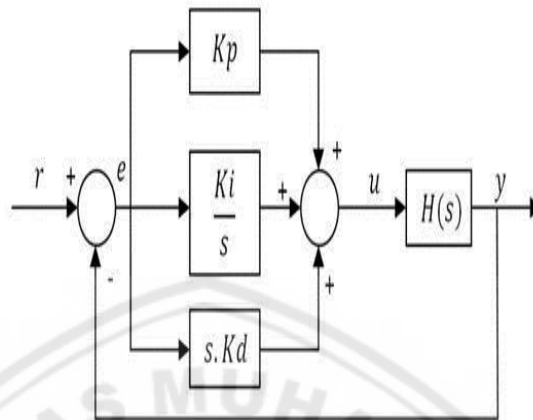
$$\text{Delta Error} = Error(t) - Error(t-1) \dots\dots\dots(2.13)$$

Kemudian nilai *error* akan diolah menjadi tiga, untuk menangani keadaan sekarang, melalui persamaan proporsional, mencatat keadaan sebelumnya, untuk persamaan integral, dan untuk memprediksi keadaan setelah sekarang, melalui persamaan derivatif.

*Kp* adalah konstanta proporsional. *Kp* berlaku sebagai penguat saja tanpa memberikan efek dinamik kepada kinerja, kontroler *Ki* adalah konstanta integral. *Ki* dapat memperbaiki respon *steady-state*, namun pemilihan *Ki* yang tidak tepat dapat menyebabkan respon transien yang tinggi sehingga dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Pemilihan *Ki* yang sangat tinggi justru dapat menyebabkan keluaran berosilasi. *Kd* adalah konstanta derivatif yang dapat mengurangi efek *overshoot* dalam menuju *steady-state*. Dengan kata lain, seolah-olah, kontrol D mampu memprediksi



*error* yang akan terjadi sebagai efek dari *error* yang dihitung sebelumnya. Gambar 2.6 merupakan penggambaran umum bagaimana proses PID berjalan.



Gambar 2.6 Rangkaian Analog PID

Untuk lebih memaksimalkan kerja pengontrol diperlukan nilai batas minimum dan maksimum yang akan membatasi nilai *Manipulated Variable* yang dihasilkan.

Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu Proporsional, Integral dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu *plant*.

## 2.6 Kontrol Proporsional

Kontrol P jika nilai  $G(s) = k_p$ , dengan  $k$  adalah konstanta. Jika  $u = G(s) \cdot e$  maka  $u = K_p \cdot e$  dengan  $K_p$  adalah Konstanta Proporsional.  $K_p$  berlaku sebagai penguat saja tanpa memberikan efek dinamik kepada kinerja kontroler. Penggunaan kontrol P memiliki berbagai keterbatasan karena sifat kontrol yang tidak dinamik ini. Walaupun demikian dalam aplikasi - aplikasi dasar yang sederhana kontrol P ini cukup mampu untuk memperbaiki respon transien khususnya *rise time* dan *settling time*. Pengontrol proporsional memiliki keluaran yang sebanding dengan besarnya sinyal kesalahan yaitu dari selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya.

Ciri - ciri pengontrol proporsional :

1. Jika nilai  $K_p$  kecil, pengontrol proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.
2. Jika nilai  $K_p$  dinaikkan, respon/tanggapan sistem akan semakin cepat mencapai keadaan mantapnya.
3. Namun jika nilai  $K_p$  diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil atau respon sistem akan berosilasi.
4. Nilai  $K_p$  dapat diset sedemikian sehingga mengurangi steady state error, tetapi tidak menghilangkannya.

Persamaan 2.4 adalah rumus untuk mencari nilai parameter dari pengontrol proporsional.

$$u(t) = K_p e(t) \dots\dots\dots (2.14)$$

dimana :

$K_p$  = Konstanta Pengontrol Proporsional

$e(t)$  = Sinyal Kesalahan Sistem

## 2.7 Kontrol Integral

Pengontrol Integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol. Jika sebuah pengontrol tidak memiliki unsur integrator, pengontrol proporsional tidak mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol.

Jika  $G(s)$  adalah kontrol I maka  $u$  dapat dinyatakan sebagai  $u(t) = [\int e(t) dt] K_i$  dengan  $K_i$  adalah konstanta integral. Jika  $e(T)$  mendekati konstan maka  $u(t)$  akan menjadi sangat besar sehingga diharapkan dapat memperbaiki error. Jika  $e(T)$  mendekati nol maka efek kontrol I ini semakin kecil. Kontrol I dapat memperbaiki sekaligus menghilangkan respon *steady state*, namun pemilihan  $K_i$  yang tidak tepat

dapat menyebabkan respon transien yang tinggi sehingga dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Pemilihan  $K_i$  yang sangat tinggi justru dapat menyebabkan output berosilasi karena menambah orde sistem

Keluaran pengontrol ini merupakan hasil penjumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Jika sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, maka keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Sinyal keluaran pengontrol integral merupakan luas bidang yang dibentuk oleh kurva kesalahan.

Ciri - ciri pengontrol integral :

1. Keluaran pengontrol integral membutuhkan selang waktu tertentu, sehingga pengontrol integral cenderung memperlambat respon.
2. Ketika sinyal kesalahan berharga nol, keluaran pengontrol akan bertahan pada nilai sebelumnya.
3. Jika sinyal kesalahan tidak berharga nol, keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal kesalahan dan nilai  $K_i$ .
4. Konstanta integral yang berharga besar akan mempercepat hilangnya *offset*. Tetapi semakin besar nilai konstanta  $K_i$  akan mengakibatkan peningkatan osilasi dari sinyal keluaran pengontrol.

Persamaan 2.5 merupakan rumus untuk mencari nilai parameter dari pengontrol integral :

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \dots\dots\dots (2.15)$$

dimana :

$K_i$  = Konstanta Integral

## 2.8 Kontrol Derivatif

Keluaran sifat seperti halnya suatu operasi derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol diferensial memiliki pengontrol akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Ketika

masukannya tidak mengalami perubahan, keluaran pengontrol juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal masukan berubah mendadak dan menaik dengan bentuk fungsi *step*, keluaran menghasilkan sinyal berbentuk impuls. Jika sinyal masukan berubah naik secara perlahan dengan bentuk fungsi *ramp*, keluarannya justru merupakan fungsi *step* yang besar gelombangnya sangat dipengaruhi oleh kecepatan naik dari fungsi *ramp* dan faktor konstanta *Kd*.

Sinyal kontrol  $u$  yang dihasilkan oleh kontrol D dapat dinyatakan sebagai  $G(s)=s.Kd$ . Dari persamaan di atas, nampak bahwa sifat dari kontrol D ini dalam konteks kecepatan atau tingkatan dari *error*. Dengan sifat ini dapat digunakan untuk memperbaiki respon transien dengan memprediksi *error* yang akan terjadi. Kontrol derivatif hanya berubah saat ada perubahan *error* sehingga saat *error* statis kontrol ini tidak akan bereaksi, hal ini pula yang menyebabkan kontroler derivatif tidak dapat dipakai sendiri.

Ciri-ciri pengontrol derivatif :

1. Pengontrol tidak dapat menghasilkan keluaran jika tidak ada perubahan pada masukannya yang berupa perubahan sinyal kesalahan.
2. Jika sinyal kesalahan berubah terhadap waktu, maka keluaran yang dihasilkan pengontrol tergantung pada nilai *Kd* dan laju perubahan sinyal kesalahan.
3. Pengontrol diferensial mempunyai suatu karakter untuk mendahului, sehingga pengontrol ini dapat menghasilkan koreksi yang signifikan sebelum pembangkit kesalahan menjadi sangat besar. Jadi pengontrol diferensial dapat mengantisipasi pembangkit kesalahan, memberikan aksi yang bersifat korektif dan cenderung meningkatkan stabilitas sistem.
4. Dengan meningkatkan nilai *Kd*, dapat meningkatkan stabilitas sistem dan mengurangi *overshoot*.

Berdasarkan karakteristik pengontrol ini, pengontrol diferensial umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak

memperkecil kesalahan pada keadaan tunaknya. Kerja pengontrol diferensial hanyalah efektif pada lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu pengontrol diferensial tidak pernah digunakan tanpa ada kontroler lainnya.

Berikut ini adalah rumus untuk mencari nilai pengontrol derivatif :

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana :

$K_d$  = Konstanta Derivatif

$e(t)$  = Sinyal Kesalahan Sistem

Masing – masing parameter PID memiliki karakteristik sendiri yang mempengaruhi performa sistem. Tabel 2.2 menunjukkan masing – masing karakteristik yang dimiliki oleh paramter PID.

Tabel 2.1 Karakteristik Peningkatan Parameter PID

<b>Meningkatkan Parameter</b>	<i>Rise Time</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Settling Time</i>	<i>Error Steady State</i>
$K_p$	Menurunkan	Meningkatkan	Perubahan Kecil	Menurunkan
$K_i$	Menurunkan	Meningkatkan	Meningkatkan	Mengeliminasi
$K_d$	Perubahan Kecil	Menurunkan	Menurunkan	Perubahan Kecil

## 2.9 Analog to Digital Converter (ADC) pada Arduino

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/pengujian.

Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistem komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistem digital.

Resolusi ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit.. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

Nilai ADC menunjukkan rasio perbandingan dengan tegangan yang terbaca. Persamaannya ialah nilai ADC terukur dibagi nilai ADC maksimum dikalikan tegangan terbaca, kemudian dibagi dengan nilai tegangan sumber.

Nilai ADC tergantung dengan tegangan yang menjadi catu daya sistem mikrokontroler. Untuk Arduino biasa menggunakan sumber tegangan 5 volt. Cara mencari nilai ADC pada arduino adalah dengan menerapkan persamaan yang ada dan tegangan terbaca sebesar 2,12 volt pada board Arduino Uno. Board Arduino Uno memiliki resolusi 10 bit, dengan nilai terbesar 1023. Tegangan sumber 5 volt dan tegangan terbaca ialah 2,12 volt. Nilai ADC terukur ialah nilai ADC maksimum dikalikan tegangan terbaca, kemudian dibagi dengan nilai tegangan sumber Sehingga diperoleh nilai ADC sebesar 434

Dengan demikian diperoleh nilai ADC sebesar 434 dari tegangan terukur 2,12 volt. Untuk setiap unit ADC tersebut memiliki perbandingan tegangan sebesar 4,9 mV. Selain dipengaruhi oleh besarnya nilai resolusi ADC, tepat tidaknya pengukuran nilai ADC juga dipengaruhi oleh clock speed ADC tersebut. Untuk board Arduino Uno sendiri clock speed ADC maximum yang disarankan ialah 200 kHz. Nilai clock speed 200 kHz tersebut berdasarkan spesifikasi internal DAC (Digital to Analog Converter)

pada rangkaian pengubahnya. Meski demikian, penggunaan clock speed pada 1 MHz mesalnya, tidak mengurangi kualitas resolusi ADC tersebut.

## 2.10 Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Nilai salinitas dapat diketahui dengan menggunakan alat yang bernama refraktometer.

Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi *saline* bila konsentrasinya mulai 3 hingga 5%. Jika konsentrasinya lebih dari 5%, ia disebut *brine*.

Faktor – faktor yang mempengaruhi salinitas adalah sebagai berikut :

1. Penguapan, makin besar tingkat penguapan air laut di suatu wilayah, maka salinitasnya tinggi dan sebaliknya pada daerah yang rendah tingkat penguapan air lautnya, maka daerah itu rendah kadar garamnya.
2. Curah hujan, makin besar dan banyak curah hujan di suatu wilayah laut maka salinitas air laut itu akan rendah dan sebaliknya makin sedikit/kecil curah hujan yang turun salinitas akan tinggi.

Banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut, makin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas laut tersebut akan rendah, dan sebaliknya makin sedikit sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitasnya akan tinggi.

Air laut secara alami merupakan air *saline* dengan kandungan garam sekitar 3,5%. Beberapa danau garam di daratan dan beberapa lautan memiliki kadar garam lebih tinggi dari air laut umumnya. Sebagai contoh, Laut Mati memiliki kadar garam sekitar 30%. Walaupun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5 %, air laut juga berbeda-beda kandungan garamnya. Yang paling tawar adalah di timur Teluk Finlandia dan di utara Teluk Bothnia, keduanya bagian dari Laut

Baltik. Yang paling asin adalah di Laut Merah, di mana suhu tinggi dan sirkulasi terbatas membuat penguapan tinggi dan sedikit masukan air dari sungai-sungai. Kadar garam di beberapa danau dapat lebih tinggi lagi.

Zat terlarut meliputi garam-garam anorganik, senyawa-senyawa organik yang berasal dari organisme hidup, dan gas-gas yang terlarut. Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55,04%), natrium (30,61%), sulfat (7,68%), magnesium (3,69%), kalsium (1,16%), kalium (1,10%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida. Tiga sumber utama dari garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (*hydrothermal vents*) di laut dalam. Keberadaan garam-garaman mempengaruhi sifat fisis air laut seperti densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperatur dimana densitas menjadi maksimum beberapa tingkat, tetapi tidak menentukannya. Beberapa sifat seperti viskositas, daya serap cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas. Dua sifat yang sangat ditentukan oleh jumlah garam di laut adalah daya hantar listrik (konduktivitas) dan tekanan osmosis.

Kandungan garam mempunyai pengaruh pada sifat-sifat air laut. Karena mengandung garam, titik beku air laut menjadi lebih rendah daripada  $0^{\circ}\text{C}$  dimana air laut yang bersalinitas 35 ppt dengan titik bekunya  $-1,9^{\circ}\text{C}$ , sementara kerapatannya meningkat sampai titik beku dimana kerapatan maksimum air murni terjadi pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$ . Sifat ini sangat penting sebagai penggerak pertukaran massa air panas dan dingin, memungkinkan air permukaan yang dingin terbentuk dan tenggelam ke dasar sementara air dengan suhu yang lebih hangat akan terangkat ke atas. Sedangkan titik beku dibawah  $0^{\circ}\text{C}$  memungkinkan kolom air laut tidak membeku. Sifat air laut yang dipengaruhi langsung oleh salinitas adalah konduktivitas dan tekanan osmosis.



## 2.11 Metode Penggaraman Kulit Sapi

Dalam pengawetan kulit sapi dengan metode penggaraman, kulit segar setelah bersih dari lemak, darah, sisa – sisa daging maupun kotoran yang melekat, kemudian direndam dalam dalam cairan garam jenuh dengan kadar kepekatan garam (salinitas) 20-24 ppt selama 1-2 hari. Tingkat kepekatan garam tidak boleh berada dibawah 20 ppt. Bila tingkat salinitas mengalami penurunan maka sebaiknya ditambah dengan garam karena jika salinitas cairan garam jenuh berada dibawah 20 ppt, maka kemampuan garam untuk mengeluarkan kadar air dalam kulit akan berkurang, dimana hal ini akan berpengaruh pada meningkatnya kesuburan mikroba yang nantinya akan menyebabkan tingkat keawetan kulit sapi berkurang. Sedangkan jika tingkat salinitas melebihi 24 ppt , maka kulit sapi akan kehilangan sifat kelenturannya sehingga menyebabkan kulit sapi akan susah untuk ditebuk dalam proses penyamakan. Waktu perendaman juga memiliki pengaruh pada proses penggaraman. Selain itu, suhu pada ruangan tempat dilakukannya proses penggaraman juga harus diatas 25 °C, mengingat mikroorganisme perusak kulit akan tumbuh optimal pada suhu 15 – 25 °C dan kelembaban diatas 85% (Pearson,1992). Pengaruh tingkat salinitas pada proses penggaraman kulit sapi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.2 Tingkat Salinitas pada Proses Penggaraman Kulit Sapi

<20	Rendah
20-24	Normal
>24	Tinggi

## 2.12 Sensor Salinitas TDS-01



Gambar 2.7 Sensor Salinitas TDS-01

Sensor salinitas adalah sensor yang mampu mendeteksi kandungan suatu zat dalam air. Salah satu kandungan yang dapat dideteksi adalah kandungan garam dalam air yang dinyatakan dalam satuan  $^{\circ}\text{Be}$ . Sensor ini menggunakan elektroda *stainless steel* yang terdapat dalam pipa dengan dimensi panjang 18 cm dengan diameter 0,8 cm. Sensor ini menggunakan tegangan masukan 5 Volt dengan output analog 0 – 5 Volt dengan jangkauan deteksi 0 – 58  $^{\circ}\text{Be}$ . Gambar 2.9 merupakan bentuk dari sensor salinitas TDS-01.

## 2.13 Mikrokontroler Arduino Due



Gambar 2.8 Arduino Due

Arduino Due adalah papan mikrokontroler yang berbasis pada Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU. Arduino Due ini merupakan

mikrokontroler pertama yang menggunakan prosesor 32 bit dari ARM. Arduino Due memiliki 54 pin digital input/output dimana 12 pin bisa digunakan sebagai output *Pulse Width Modulation* (PWM), 12 input analog, 4 pin *serial hardware*, satu buah port *Universal Serial Bus* (USB), 2 *digital to analog converter* (DAC), 2 *header*, satu tombol *reset* dan satu tombol hapus. Kelebihan utama dari mikrokontroler ini adalah kecepatan pemrosesan yang mencapai 84 Mhz dan juga prosesor nya yang sudah 32 bit sehingga kemampuan untuk melakukan kalkulasi cukup baik.

#### 2.14 Motor Servo Hitec HS-322HD



Gambar 2.9 Motor Servo Hitec HS-322HD

Motor servo adalah sebuah motor *direct current* (DC) dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian *gear*, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor

servo. Gambar 2.11 merupakan bentuk dari motor servo HS-322HD. Sementara untuk spesifikasi motor servo HS-322HD dapat dilihat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Spesifikasi Motor Servo Hitec HS-322 HD

<b>Dimensions</b>	1.57" x 0.78" x 1.43" (39.88 x 19.81 x 36.32mm)
<b>Product Weight</b>	1.52oz (43g)
<b>Output Shaft Style</b>	24 tooth spline
<b>Voltage Range</b>	4.8V - 6.0V
<b>No-Load Speed (4.8V)</b>	0.19sec/60°
<b>No-Load Speed (6.0V)</b>	0.15sec/60°
<b>Stall Torque (4.8V)</b>	42 oz/in (3.0 kg/cm)
<b>Stall Torque (6.0V)</b>	51 oz/in (3.7 kg/cm)
<b>Max PWM Signal Range (Standard)</b>	553-2450µsec
<b>Travel per µs (out of box)</b>	.106°/µsec
<b>Max Travel (out of box)</b>	201°
<b>Pulse Amplitude</b>	3-5V
<b>Operating Temperature</b>	-20°C to +60°C
<b>Current Drain - idle (4.8V)</b>	7.4mA
<b>Current Drain - idle (6.0V)</b>	7.7mA
<b>Current Drain - no-load (4.8V)</b>	160mA
<b>Current Drain - no-load (6V)</b>	180mA
<b>Continuous Rotation Modifiable</b>	Yes
<b>Direction w/ Increasing PWM Signal</b>	Clockwise
<b>Deadband Width</b>	5µs
<b>Motor Type</b>	Cored Metal Brush
<b>Potentiometer Drive</b>	4 Slider/Direct Drive
<b>Feedback Style</b>	5KΩ Potentiometer
<b>Output Shaft Support</b>	Top Resin Bushing
<b>Gear Type</b>	Straight Cut Spur
<b>Gear Material</b>	Karbonite

Wire Length	11.81" (300mm)
Wire Gauge	25AWG

## 2.16 *Liquid Crystal Display (LCD)*



Gambar 2.10 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. *Liquid Cristal Display (LCD)* adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. Gambar 2.12 merupakan bentuk dari LCD.

Dalam modul LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. Mikrokontroler pada suatu LCD dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan microcontroler internal LCD adalah *Display Data Random Access Memory (DDRAM)* yang merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada. Kemudian *Character Generator Random Access Memory (CGRAM)* yang merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan. Lalu *Character Generator Read Only Memory (CGROM)* yang merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana

pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD tersebut.

### 2.17 Nilai Kesalahan dalam Pengukuran

Dalam proses pengukuran paling tidak ada tiga faktor yang terlibat yaitu alat ukur, benda ukur dan orang yang melakukan pengukuran. Hasil pengukuran tidak mungkin mencapai kebenaran yang absolut karena keterbatasan dari bermacam faktor. Yang diperoleh dari pengukuran adanya hasil yang dianggap paling mendekati dengan harga geometris obyek ukur. Meskipun hasil pengukuran itu merupakan hasil yang dianggap benar, masih juga terjadi penyimpangan hasil pengukuran. Kesalahan-kesalahan dalam pengukuran menyebabkan hasil pengukuran tidak bisa dipastikan sempurna. Dengan kata lain, terdapat suatu ketidakpastian dalam pengukuran.

Terkadang pengukuran besaran tidak cukup jika hanya dilakukan satu kali. Ada kalanya kita mengukur besaran secara berulang-ulang. Ini dilakukan untuk mendapatkan nilai terbaik dari pengukuran tersebut. Pengukuran berulang adalah pengukuran yang dilakukan beberapa kali atau berulang-ulang. Dalam pengukuran berulang, pengganti nilai benar adalah nilai rata-rata dari hasil pengukuran.

Dengan adanya ketidakpastian atau kesalahan dalam pengukuran, maka tingkat ketelitian hasil pengukuran dapat diligat dari ketidakpastian relatif diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.7.

$$\text{Nilai Kesalahan Relatif} = [ (\Delta x) / x ] \cdot 100\% \dots\dots\dots (2.17)$$

dimana :

$\Delta x$  = Selisih Antara Nilai Sebenarnya dan Nilai Terbaca

$x$  = Nilai Sebenarnya

Ketidakpastian relatif dapat digunakan untuk mengetahui tingkat ketelitian pengukuran. Semakin kecil nilai ketidakpastian relatif makin tinggi ketelitian pengukuran.