

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN SUHU DAN PH KOLAM
BENIH IKAN MAS**

SKRIPSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**AHMAD NURDIN ISLAM
NIM. 115060301111028**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2015

LEMBAR PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN SUHU DAN PH KOLAM
BENIH IKAN MAS**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



AHMAD NURDIN ISLAM

NIM. 115060301111028

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 6 Juli 2015

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc.

NIP. 19590304 198903 1 001

Ir. Nanang Sulistiyanto, M.T.

NIP. 19700113 199403 1 002

LEMBAR PENGESAHAN
RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN SUHU DAN PH KOLAM
BENIH IKAN MAS

SKRIPSI
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

AHMAD NURDIN ISLAM
NIM. 115060301111028

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus sidang skripsi
pada tanggal 1 Juli 2015

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Mochammad Rif'an, S.T., M.T.
NIP. 19710301 200012 1 001

Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng.
NIK. 841130 06 1 1 0280

Dosen Penguji III

Ir. M. Julius St., M.S.
NIP. 19540720 198203 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim.

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Suhu dan pH Kolam Benih Ikan Mas”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

- Allah SWT yang selalu tahu kapan waktu yang terbaik untuk hambaNya dan Rasulullah Muhammad SAW, semoga shalawat serta salam selalu tercurah kepada beliau.
- Kedua orang tua, Bapak Tukiman dan Ibu Sri Gemi yang senantiasa memberikan dorongan dan kesabaran, serta senantiasa menyemangati dan meluruskan.
- Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku KKDK Teknik Elektronika.
- Bapak Dr. Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc. sebagai Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran, motivasi yang telah diberikan, serta waktu yang diluangkan untuk bimbingan.
- Bapak Ir. Nanang Sulistiyanto, M.T. sebagai Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran, motivasi yang telah diberikan, serta waktu yang diluangkan untuk bimbingan.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang. Penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Juli 2015

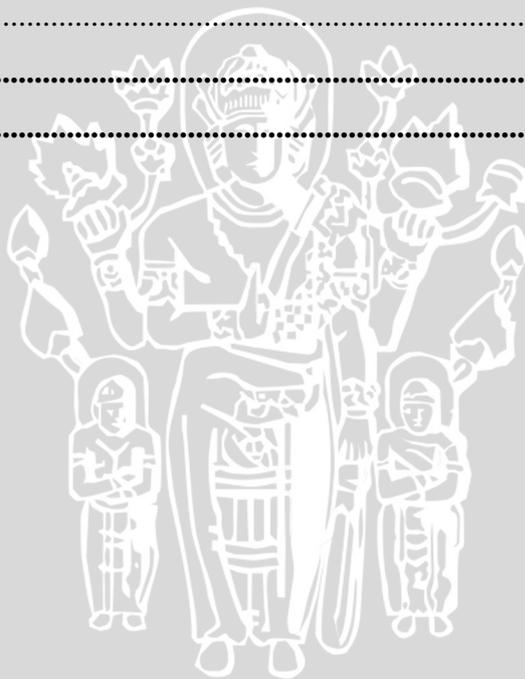
Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
RINGKASAN	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Tujuan	3
1.6 Kegunaan Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Pembahasan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ikan mas	5
2.2 Sensor Suhu.....	5
2.3 Sensor pH.....	6
2.4 Mikrokontroler	6
2.5 Op-amp (Operational Amplifier)	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Perancangan Sistem Keseluruhan	11
3.2 Perancangan Perangkat Keras	11
3.3 Perancangan Perangkat Lunak	12
3.4 Pengujian Alat.....	12
BAB IV PERANCANGAN ALAT	14
4.1 Perancangan Sistem	14
4.2 Perancangan Perangkat Keras	14
4.2.1 Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Suhu.....	15
4.2.2 Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor pH	17
4.2.3 <i>Driver</i> Motor DC	19
4.2.4 Konfigurasi I/O Mikrokontroler	21



4.3	Perancangan Perangkat Lunak	22
4.3.1	Perancangan Perangkat Lunak Pembilas Sensor pH.....	24
4.3.2	Perancangan Perangkat Lunak Bagian <i>Sampling</i> ADC	24
4.3.3	Perancangan Perangkat Lunak Bagian Perhitungan Nilai Suhu	25
4.3.4	Perancangan Perangkat Lunak Bagian Perhitungan Nilai pH.....	27
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS		29
5.1	Pengujian Pembacaan Sensor Suhu	29
5.2	Pengujian Pembacaan Sensor pH.....	32
5.3	Pengujian Sistem Mekanik Pembilasan Sensor pH	36
5.4	Pengujian Sistem Keseluruhan.....	37
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		38
6.1	Kesimpulan	38
6.2	Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....		39
LAMPIRAN		40



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Blok Mikrokontroler ATmega 16.....	9
Gambar 2.2 Op-amp sebagai penguat diferensial.....	10
Gambar 2.3 Konfigurasi Pin INA121.....	10
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem Pantau Suhu dan pH.	14
Gambar 4.2 Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu.....	15
Gambar 4.3 Rangkaian Jembatan <i>Wheatstone</i>	15
Gambar 4.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu.....	17
Gambar 4.5 Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor pH.....	18
Gambar 4.6 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor pH.....	19
Gambar 4.7 Rangkaian <i>Driver</i> Motor DC.....	20
Gambar 4.8 Rangkaian Mikrokontroler.....	21
Gambar 4.9 Grafik penyalaan catu daya.....	22
Gambar 4.10 Diagram Alir Program Sistem Keseluruhan.....	23
Gambar 4.11 Diagram Alir Pembilasan Sensor pH.....	24
Gambar 4.12 Diagram Alir program bagian <i>sampling</i> pembacaan sensor.....	25
Gambar 4.13 Diagram Alir Perhitungan Nilai Suhu Terukur.....	27
Gambar 4.14 Diagram Alir Perhitungan Nilai pH Terukur.....	28
Gambar 5.1 Diagram blok pengujian pembacaan sensor suhu.....	31
Gambar 5.2 Grafik Tegangan Keluaran Penguat Instrumentasi Sensor Suhu.....	32
Gambar 5.3 Diagram blok pengujian pembacaan sensor pH.....	34
Gambar 5.4 Grafik Tegangan Keluaran Penguat Instrumentasi Sensor pH.....	36
Gambar 5.5 Diagram blok pengujian penetralan sensor pH.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fungsi Alternatif Port B..... 8

Tabel 2.2 Fungsi Alternatif Port C..... 8

Tabel 2.3 Fungsi Alternatif Port D 8

Tabel 5.1 Hasil pengujian pembacaan sensor suhu 30

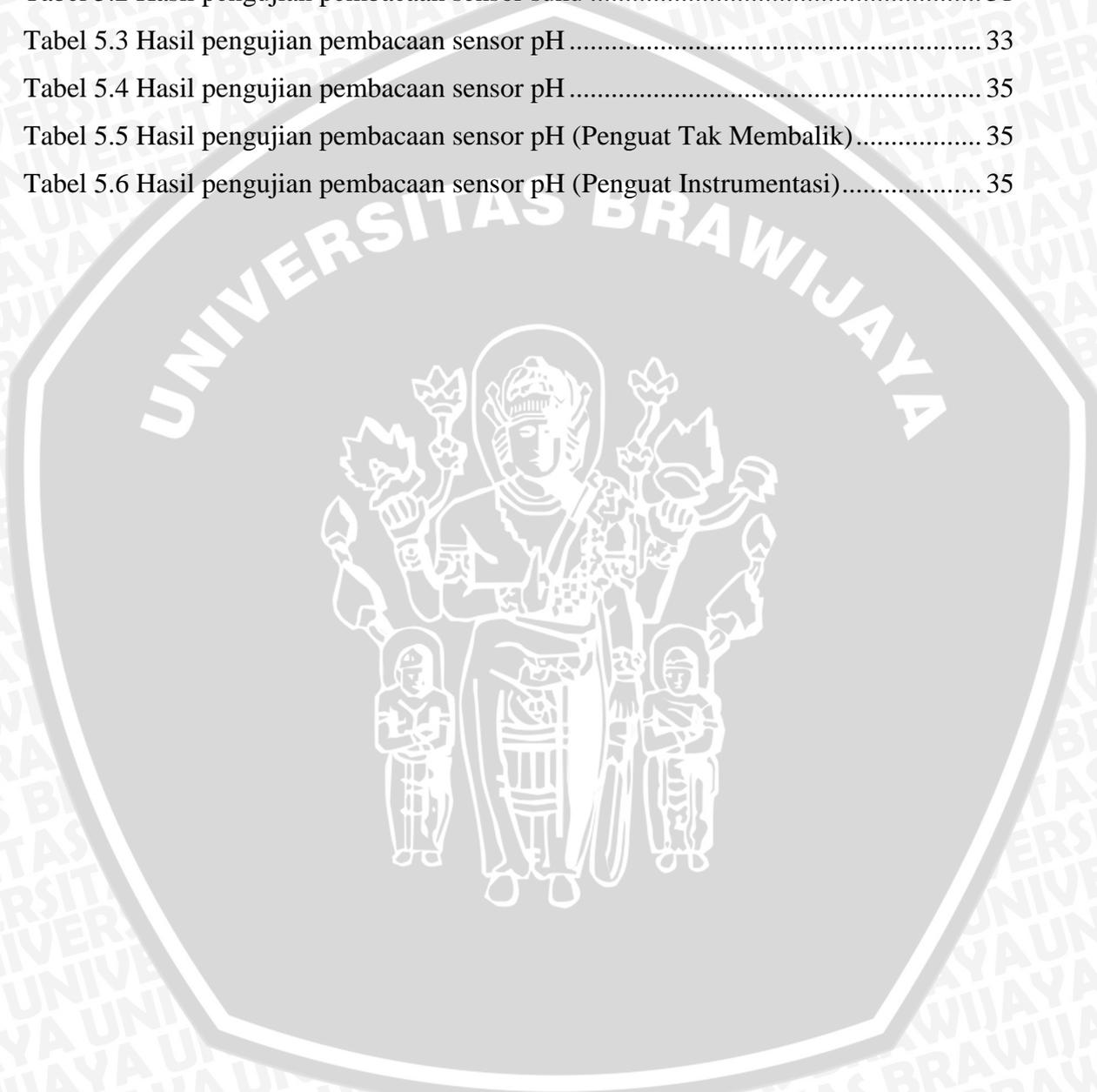
Tabel 5.2 Hasil pengujian pembacaan sensor suhu 31

Tabel 5.3 Hasil pengujian pembacaan sensor pH 33

Tabel 5.4 Hasil pengujian pembacaan sensor pH 35

Tabel 5.5 Hasil pengujian pembacaan sensor pH (Penguat Tak Membalik)..... 35

Tabel 5.6 Hasil pengujian pembacaan sensor pH (Penguat Instrumentasi)..... 35



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Alat..... 41

Lampiran 2. Rangkaian Keseluruhan..... 43

Lampiran 3. Runtut Program 46

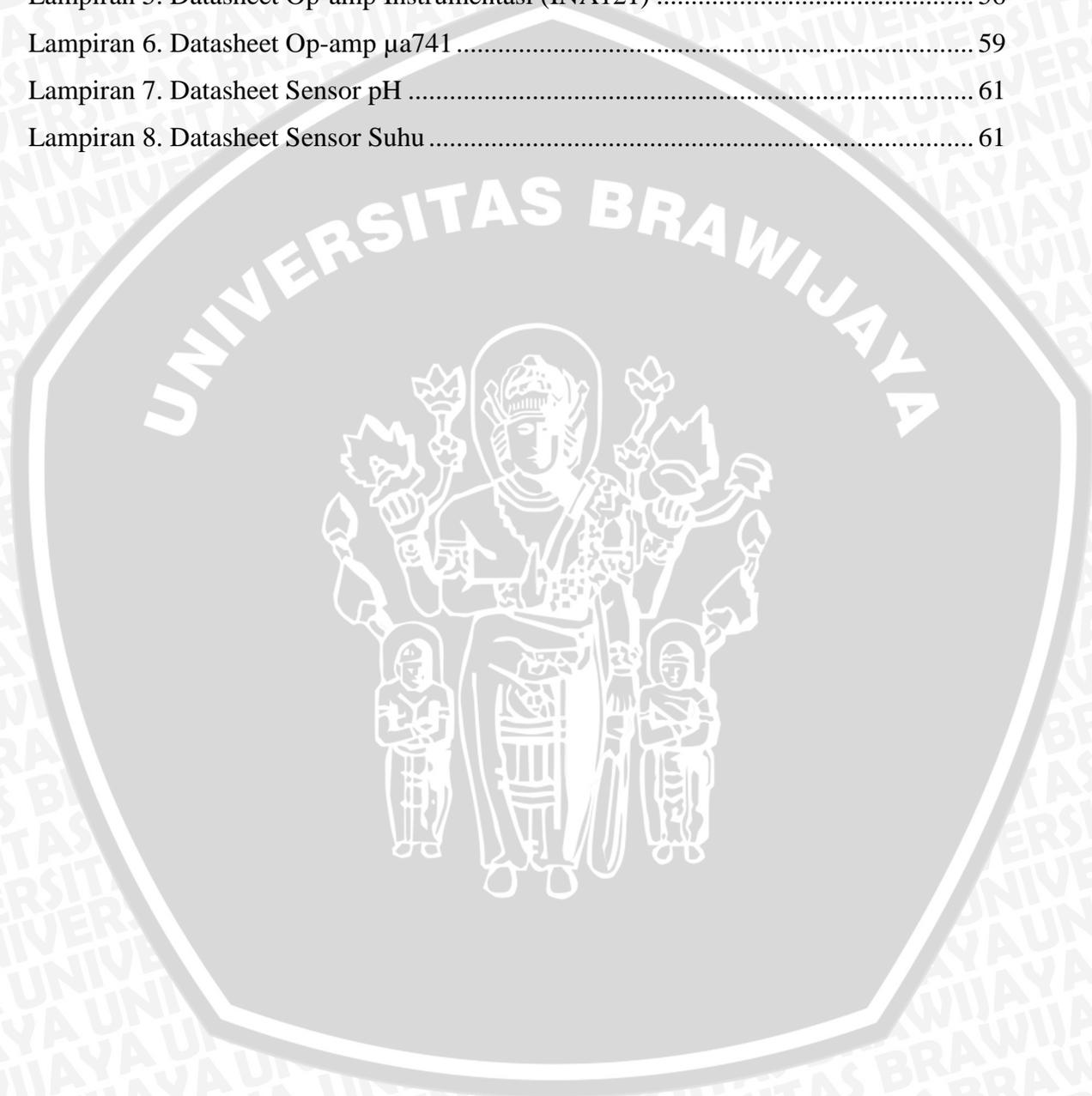
Lampiran 4. Datasheet Mikrokontroler (ATMega16) 48

Lampiran 5. Datasheet Op-amp Instrumentasi (INA121) 56

Lampiran 6. Datasheet Op-amp μ a741 59

Lampiran 7. Datasheet Sensor pH 61

Lampiran 8. Datasheet Sensor Suhu 61



RINGKASAN

Ahmad Nurdin Islam, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2015, *Rancang Bangun Sistem Pemantauan Suhu dan pH Kolam Benih Ikan Mas*, Dosen Pembimbing: Ponco Siwindarto dan Nanang Sulistiyanto.

Ikan mas merupakan komoditas yang besar untuk dikembangkan guna meningkatkan perekonomian Indonesia. Namun dalam tahap pengembangannya banyak jumlah benih ikan mas yang gagal tumbuh dewasa. Penyebabnya dapat mulai dari penyakit yang disebabkan mikroorganisme, suhu yang berubah drastis, nilai pH air yang berubah seiring waktu, kurangnya oksigen dalam air, hingga kejernihan air. Sebagai contoh berdasarkan tata cara pembiakan benih ikan mas, untuk suhu yang tepat adalah berkisar 25 °C-30 °C, sedangkan untuk nilai pH antara 6-8. Suhu dan pH merupakan hal yang signifikan dalam pemeliharaan benih ikan mas, hal tersebut dikarenakan dari suhu dan pH dapat memberikan pengaruh pada perubahan nilai-nilai yang terkait.

Pada penelitian ini dilakukan proses pemantauan suhu dan pH kolam menggunakan sensor suhu dan pH guna mengetahui nilai perubahan suhu dan pH kolam. Hasil pemantauan selanjutnya ditampilkan menggunakan penampil dengan tampilan nilai suhu dan pH kolam, dari nilai yang ada jika nilai suhu didapatkan di bawah nilai 20 °C dan di atas 25 °C maka sistem memberikan peringatan berupa alarm kepada pemilik agar segera dilakukan tindakan penyesuaian suhu, sedangkan untuk nilai pH jika didapatkan nilai di bawah 6 dan di atas 8 maka dilakukan proses peringatan yang sama dengan tujuan agar segera dilakukan penyesuaian pH. Sensor pH yang digunakan diberikan perlakuan dengan memberi pembilas sensor dikarenakan sensor pH yang digunakan dimungkinkan untuk tidak bekerja secara terus menerus saat dicelupkan ke dalam air sehingga dilakukan pembilasan untuk menetralkan sensor dengan hal tersebut diharapkan pembacaan yang dilakukan tidak terjadi penyimpangan nilai.

Hasil pemantauan suhu dan pH menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja untuk memantau suhu 15 °C hingga 30 °C sedangkan untuk nilai pH sistem bekerja untuk memantau pH 5-9. Selain hal tersebut pembilasan dilakukan dalam selang 60 menit guna menunjang pembacaan sensor pH, serta pembacaan kedua sensor diberikan penarikan contoh sebanyak 100 kali dalam selang 2 detik dikarenakan sensor pH memiliki akurasi pembacaan selama 2 detik, hal tersebut dimaksudkan dalam 2 detik pertama sensor melakukan pembacaan dimana nilai yang masuk merupakan nilai-nilai dalam selang waktu tertentu yang diseleksi guna mengetahui nilai yang mendekati pada kondisi saat dilakukan pembacaan nilai pH. Sistem peringatan bekerja saat nilai suhu di bawah 20 °C dan di atas 30 °C dan nilai pH di bawah 6 dan di atas 8. Dari hal tersebut di atas dimungkinkan untuk melakukan tindakan pencegahan dan peningkatan dalam pemeliharaan ikan mas.

Kata Kunci: Benih ikan mas, suhu, pH, Sistem Pemantauan Suhu dan pH.

SUMMARY

Ahmad Nurdin Islam, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, July 2015, *Design of Temperature and pH Monitoring System Goldfish's Seed Pond*, Academic Supervisor: Ponco Siwindarto and Nanang Sulistiyanto.

Goldfish is a great commodity to be developed in order to improve the economy of Indonesia. But the more the number of seed development stage goldfish that failed to grow up. The causes can range from a disease caused by microorganisms, drastic temperature changes, water pH value changes over time, the lack of oxygen in the water, until the water clarity. For example, based on the procedures for seed breeding carp, to the right temperature is around 25 °C-30 °C, while the pH value between 6-8. Temperature and pH is significant in the maintenance of seed carp, it is because of the temperature and pH can give effect to the change in values associated.

In this research, the process of monitoring the temperature and pH of the pond using a temperature sensor and pH to determine the changes in temperature and pH value of the pond. The monitoring results will be displayed using a viewer to display the temperature and pH value of the pond, from the existing value if the temperature values obtained below the value of 20 °C and above 25 °C, the system gives a warning alarm to the owner for urgent action temperature adjustment, while for pH value if the obtained value below 6 and above 8 then do the same warning with the aim that immediate pH adjustment. PH sensor used is given treatment with flush sensor counts the pH sensor is used because it is possible to not work continuously while immersed in water so that flushing is done to neutralize the sensor with the expected readings do not occur deviation value.

Temperature and pH monitoring results show that the system can work to monitor the temperature of 15 °C to 30 °C while the pH value of the system works to monitor pH 5-9. In addition to the flushing is done within an interval of 60 minutes in order to support the pH sensor readings, and the two sensor readings given sampling 100 times within an interval of 2 seconds due to the pH sensor has an accuracy of readings for 2 seconds, it is intended in the first 2 seconds in which the sensor perform readings values are the values entered in the selected time interval to determine the approximate value at the time of reading the condition of pH values. Warning system works when the value of the temperature below 20 °C and above 30 °C and pH values below 6 and above 8. From the foregoing it is possible to take preventive measures and an increase in maintenance goldfish.

Keywords: Goldfish's seed, temperature, pH, temperature and pH Monitoring System.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dua tahun terakhir Indonesia mengalami waspada akan wabah penyakit dalam dunia perikanan, sebagai bentuk pelajaran pada tahun 2002 di Jawa Barat mengalami kerugian sebesar 100 miliar rupiah yang dikarenakan kematian sejumlah 95% populasi ikan mas yang dikarenakan virus ikan mas, hingga tahun 2006 diperkirakan kerugian sebesar 250 miliar rupiah yang disebabkan oleh penyebaran virus tersebut. Semenjak penyebaran virus ikan mas pada tahun 2002, jumlah hasil ikan mas mengalami penurunan yang cukup pesat, rata-rata hasil dari ternak ikan mas selama 10 tahun terakhir sebesar 0,19 kg konsumsi perkapita per tahunnya. Virus ikan mas yang dapat berkembang dikarenakan kondisi kolam dan lingkungan sekitarnya yang buruk, dimana tepatnya pada suhu 15°C dan pada suhu 30°C. Hal tersebut merupakan permasalahan yang dapat dipecahkan yang mana salah satu solusinya adalah melakukan pembenahan dalam segi pemeliharaan ikan khususnya pemeliharaan sejak benih (Neraca, 2013).

Disisi lain dunia perikanan dan teknologi memang dua hal yang saat ini sangat berhubungan erat. Keduanya memiliki hubungan yang saling menunjang satu sama lain. Contohnya berbagai masalah yang sering timbul dalam pengolahan sektor perikanan bisa saja ditangani dengan sentuhan teknologi, sebagai contoh salah satunya adalah dalam proses pemeliharaan benih, masalah yang berkaitan erat dari proses pemeliharaan benih adalah masalah suhu air dan lingkungan sekitar kolam. Kolam benih ikan mas yang memiliki ukuran 10x100x1 m³ memiliki kondisi yang cukup stabil namun ketika suhu air kolam terlalu dingin seperti pada musim pancaroba, nafsu makan ikan biasanya akan menurun atau bahkan ikan tidak mau makan sama sekali. Pada kondisi ini sistem pencernaan ikan akan mengalami penurunan yang berakibat ikan tidak bisa mencerna secara optimal jenis makanan yang biasa dikonsumsi ketika suhu air ideal. Selain sistem pencernaan, pada suhu yang rendah sistem kekebalan tubuh ikan juga tidak bisa bekerja dengan normal. Kondisi ini diperparah dengan munculnya bakteri patogen alias bakteri 'jahat' yang akan aktif di kala suhu air kolam terlalu dingin. Inilah mengapa pada suhu yang dingin ikan akan lebih rentan terserang penyakit dan bahkan tidak jarang menyebabkan kematian masal khususnya ikan yang masih stadium benih (Cahyono, 2001). Untuk mencegah kematian masal biasanya pembudidaya ikan akan memberikan vitamin khususnya Vitamin C dan B Kompleks yang dicampur ke dalam pakan. Ada juga pembudidaya yang mengaplikasikan penggaraman dan pemberian probiotik

sebagai tindakan pencegahan serangan bakteri patogen yang aktif pada suhu yang rendah. Suhu yang ideal bagi budidaya ikan adalah suhu yang stabil di kisaran 20-25°C serta tidak terjadi perbedaan suhu air yang mencolok antara siang dan malam (tidak lebih dari 5°C). Pada kondisi ini ikan akan memberikan respon maksimal ketika diberi pakan. Selain itu sistem kekebalan tubuh ikan juga bekerja optimal pada kondisi tersebut. Berdasarkan hasil penelitian Tucker dan Hargreaves, suhu air memang sangat berpengaruh terhadap respon ikan dalam mengkonsumsi pakan. Suhu air yang berada di atas atau dibawah suhu ideal akan menyebabkan nafsu makan ikan turun bahkan tidak mau makan sama sekali. Selain tingkat suhu air, pH air juga memiliki peran yang signifikan dalam proses pemeliharaan benih ikan. pH air merupakan tingkat konsentrasi ion hydrogen yang ada dalam perairan. Hasil pengukuran pH yaitu 7,3-7,9. (Zonneveld, 1991) menyatakan bahwa pH yang optimal dalam pembenihan ikan adalah 6,7-8,2.

Dua hal tersebut merupakan pertimbangan yang sangat penting dalam proses pemeliharaan benih ikan. Memberikan sebuah pemecahan dalam memantau suhu dan pH dalam kolam benih ikan mas diharapkan mampu memberikan tindak pencegahan dari masalah yang muncul. Ditingkatkannya pemantauan khususnya dalam suhu dan pH ditujukan untuk meminimalisir perubahan yang tidak diketahui, sehingga setiap perubahan diketahui tepat tanpa penyimpangan nilai.

Permasalahan yang berkaitan dengan pemantauan tersebut pernah diangkat dengan memasang sensor serta menambahkan pengendali suhu, pH, dan kejernihan air, namun dalam perancangan sebelumnya diperoleh nilai penyimpangan pH 1,477%, nilai penyimpangan suhu 0,688%, dan nilai kejernihan air 5,62% dengan menggunakan perbandingan nilai tegangan yang terukur menggunakan multimeter dengan nilai perhitungan perancangan. Dalam pelaksanaan pengukuran tidak dijelaskan spesifikasi alat ukur sehingga nilai penyimpangan tidak dapat dipastikan tepat atau tidaknya dikarenakan belum menimbang kemampuan alat ukur dalam batas pembacaannya. Selain hal tersebut proses pengendalian suhu, pH dan kejernihan air tidak memiliki acuan baku dalam perancangannya, sehingga tidak dapat mengendalikan pH sesuai dengan perancangan dan pengendalian suhu serta kejernihan tidak memperhatikan kehidupan di dalam subjek, sehingga tingkat kehidupan di dalam subjek belum dapat dipastikan (Aldaka, 2013). Guna menunjang beberapa hal tersebut di atas pada penelitian ini akan dirancang sistem pantau suhu dan pH kolam dengan meningkatkan pembacaan terhadap subjek dengan memberikan perlakuan terhadap alat pembacaan.

1.2 Identifikasi Masalah

Menurunnya jumlah produksi ikan mas yang dikarenakan timbulnya penyakit dan kurangnya langkah pemeliharaan terhadap peningkatan pemeliharaan sejak usia benih merupakan permasalahan yang perlu dibahas. Salah satu kunci pemeliharaan ikan mas terletak pada suhu dan pH kolam pemeliharaan. Pemantauan suhu dan pH kolam merupakan salah satu langkah guna meningkatkan sistem pemeliharaan benih ikan mas.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan dalam latar belakang maka rumusan masalah ditekankan pada:

1. Bagaimana merancang sistem pantau suhu dan pH kolam benih ikan mas.
2. Bagaimana merancang sistem pembacaan sensor pH menggunakan motor DC sebagai pengangkat dan pembilas.

1.4 Batasan Masalah

Karena luasnya objek pengkajian maka perlu dilakukan pembatasan masalah agar pembahasan lebih terfokus pada rumusan masalah. Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Alat sistem pantau suhu dan pH yang digunakan adalah *prototype* dengan desain sendiri.
2. Pemantauan suhu dan pH dilakukan menggunakan substrat yang ditentukan.
3. Pembahasan ditekankan pada tingkat pembacaan suhu dan pH.

1.5 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pantau suhu dan pH, sehingga diharapkan kolam benih ikan mas dapat memiliki tingkat suhu dan pH yang terpantau selama pengembangan benih ikan mas. Hal tersebut dimaksudkan jika terjadi penyimpangan nilai suhu dan pH dapat segera diberikan tindakan sehingga suhu dan pH terjaga. Terjaganya suhu dan pH kolam benih ikan mas memungkinkan untuk peningkatan jumlah produksi ikan mas.

1.6 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini merupakan kajian ulang penelitian sebelumnya sebagai bentuk perbaikan sistem yang sudah ada. Penelitian tersebut dimaksudkan dalam pemantauan nilai suhu dan pH menggunakan sensor, masing-masing nilai keluaran sensor dapat dibaca sedemikian rupa guna meminimalisir penyimpangan nilai suhu dan pH. Hal tersebut memungkinkan sistem dapat digunakan untuk melakukan pemantauan suhu dan

pH kolam benih ikan mas guna meningkatkan jumlah ikan mas yang dapat tumbuh dewasa sehingga dapat meningkatkan jumlah produksi ikan mas.

1.7 Sistematika Pembahasan

Sistematika dalam skripsi ini terdiri dari enam bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika pembahasan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perancangan dan pembuatan alat.

BAB III Metode

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Membahas perancangan alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja, dan pembuatan alat. Setelah itu, bagaimana penerapannya dalam sistem secara keseluruhan.

BAB V Pengujian dan Analisis

Membahas hasil pengujian sistem yang sudah dibuat dan analisis hasil yang diperoleh.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Membahas kesimpulan penelitian dan saran-saran yang diperlukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikan mas

Di Indonesia istilah "ikan mas" juga merujuk kepada ikan mas biasa atau "ikan karper" (*Cyprinus carpio*), yaitu kerabat ikan yang dapat dikonsumsi sebagai bahan pangan. Ikan ini merupakan komoditas yang besar guna meningkatkan perekonomian Indonesia. Masyarakat Indonesia juga sangat mengenal akan jenis ikan mas, namun pada hakekatnya pengetahuan akan pemeliharaannya sangatlah kurang. Sedikitnya jumlah ikan mas yang dapat berkembang hingga tingkat dewasa dikarenakan kurangnya pemeliharaan sejak benih ikan (Cahyono, 2001).

Sedangkan yang dimaksud dengan benih ikan adalah anak ikan dengan ukuran tertentu yang akan digunakan sebagai bahan organik dalam kegiatan pembudidayaan ikan. Kualitas air merupakan faktor yang sangat penting dalam pemeliharaan ikan, karena akan menentukan hasil yang diperoleh. Kondisi kualitas air juga berperan dalam menekan terjadinya peningkatan perkembangan bakteri patogen dan parasit di dalam media pemeliharaan. Sebagai tempat hidup ikan kualitas air sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor fisika dan kimia air seperti suhu, oksigen terlarut, pH, ammonia, nitrit dan nitrat. Hal tersebut merupakan faktor yang harus diperhatikan.

2.2 Sensor Suhu

Sensor suhu yang digunakan merupakan jenis sensor yang memiliki perubahan resistansi terhadap perubahan nilai suhu yaitu PT100. PT100 merupakan salah satu jenis sensor suhu yang terkenal dengan keakurasiannya. PT100 termasuk golongan RTD (*Resistive Temperature Detector*) dengan koefisien suhu positif, yang berarti nilai resistansinya naik seiring dengan naiknya suhu. PT100 terbuat dari logam platinum. Oleh karenanya namanya diawali dengan 'PT'. Disebut PT100 karena sensor ini dikalibrasi pada suhu 0°C pada nilai resistansi 100 ohm. Ada juga PT1000 yang dikalibrasi pada nilai resistansi 1000 ohm pada suhu 0°C.

Menurut keakurasiannya, terdapat dua jenis PT100, yakni Class-A dan Class-B. PT100 Class-A memiliki akurasi $\pm 0,06$ ohm dan PT100 Class-B memiliki akurasi $\pm 0,12$ ohm. Keakurasiannya ini menurun seiring dengan naiknya suhu. Akurasi PT100 Class-A bisa menurun hingga $\pm 0,43$ ohm ($\pm 1,45^\circ\text{C}$) pada suhu 600°C, dan PT100 Class-B bisa menurun hingga $\pm 1,06$ ohm ($\pm 3,3^\circ\text{C}$) pada suhu 600°C (Putri, 2014). PT100 tipe DIN (*Standard Eropa*) memiliki resolusi 0,385 ohm per 1°C. Jadi resistansinya akan naik sebesar 0,385 ohm untuk setiap kenaikan suhu 1°C. Untuk mengukur suhu secara

elektronik menggunakan sensor suhu PT100, maka kita harus mengeksitasinya dengan arus yang tidak boleh melebihi nilai 1 mA. Hal ini karena jika dialiri arus melebihi 1 mA, maka akan timbul efek *self-heating*. Jadi, seperti layaknya komponen resistor, maka kelebihan arus akan diubah menjadi panas. Akibatnya hasil pengukuran mengalami pergeseran nilai .

2.3 Sensor pH

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut. Ia bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional.

Air murni bersifat netral, dengan pH-nya pada suhu 25 °C ditetapkan sebagai 7,0. Larutan dengan pH kurang daripada tujuh disebut bersifat asam, dan larutan dengan pH lebih daripada tujuh dikatakan bersifat basa atau alkali. Pengukuran pH sangatlah penting dalam bidang yang terkait dengan kehidupan atau industri pengolahan kimia seperti kimia, biologi, kedokteran, pertanian, ilmu pangan, rekayasa (keteknikan), dan oseanografi. Tentu saja bidang-bidang sains dan teknologi lainnya juga memakai meskipun dalam frekuensi yang lebih rendah (Kurniawan, 2012).

Sensor pH berfungsi untuk mengubah besaran nonelektrik dalam hal ini adalah derajat keasaman (pH) menjadi besaran elektrik yaitu tegangan. Tegangan keluaran sensor pH yang kemudian diolah untuk dapat diketahui besar pH suatu zat cair. Sensor pH yang digunakan merupakan jenis sensor pH yang berupa *probe*. Perubahan nilai terjadi saat 2 detik pembacaan awal dan nilai yang terbaca untuk pengukuran selanjutnya dilakukan dengan memberikan netralisir terhadap sensor sebelum dikenakan pada bahan uji selanjutnya.

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler jenis AVR adalah prosesor yang sekarang ini paling banyak digunakan dalam membuat aplikasi sistem kendali bidang instrumentasi, dibandingkan dengan mikrokontroler keluarga MCS51 seperti AT 89C51/52. Mikrokontroler seri AVR pertama kali diperkenalkan ke pasaran sekitar tahun 1977 oleh perusahaan Atmel, yaitu sebuah perusahaan yang sangat terkenal dengan produk mikrokontroler seri AT89S51/52-nya yang sampai sekarang masih banyak digunakan di lapangan. Keterbatasan pada mikrokontroler tersebut (resolusi, memori, dan kecepatan)

menyebabkan banyak orang beralih ke mikrokontroler AVR. Hal ini karena ada beberapa kelebihan dari tipe AVR ini yaitu diantaranya ADC, DAC, Counter, Timer, I2C, USART, dan sebagainya.

Mikrokontroler AVR standar memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu situs clock, berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 situs clock. Hal ini karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computing*), sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*). AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas yaitu ATtiny, AT90Sxx, ATmega, dan AT86RFFxx. Perbedaan dari masing-masing keluarga AVR tersebut adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Gambar 2.1 merupakan diagram blok fungsi dari mikrokontroler ATmega16 dari diagram blok tersebut dapat kita ketahui fungsi masing-masing pin dan kegunaannya dalam menentukan sebuah perancangan. Mikrokontroler ATmega16 memiliki beberapa fungsi pin yaitu sebagai berikut (ATMEL, 2010):

- a. VCC adalah merupakan pin masukan positif catu daya.
- b. GND sebagai pin Ground.
- c. Port A (PA7-PA0) berfungsi sebagai masukan analog ke ADC internal pada mikrokontroler ATmega16, selain itu juga berfungsi sebagai port I/O dua arah 8-bit, jika ADC-nya tidak digunakan. Masing-masing pin menyediakan resistor pull-up internal yang bisa diaktifkan untuk masing-masing bit.
- d. Port B (PB7-PB0) berfungsi sebagai sebagai port I/O dua arah 8-bit. Masing-masing pin menyediakan resistor pull-up internal yang bisa diaktifkan untuk masing-masing bit. Port B juga memiliki berbagai macam fungsi alternatif, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1.
- e. Port C (PC7-PC0) berfungsi sebagai sebagai port I/O dua arah 8-bit. Masing-masing pin menyediakan resistor pull-up internal yang bisa diaktifkan untuk masing-masing bit. Port C juga digunakan sebagai antarmuka JTAG, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.2.
- f. Port D (PD7-PD0) berfungsi sebagai sebagai port I/O dua arah 8-bit. Masing-masing pin menyediakan resistor pull-up internal yang bisa diaktifkan untuk masing-masing bit. Port D juga memiliki berbagai macam fungsi alternatif, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.3.

- g. RESET merupakan masukan Reset. Level rendah pada pin ini selama lebih dari lama waktu minimum yang ditentukan akan menyebabkan reset, walaupun clock tidak dijalankan.
- h. XTAL1 merupakan masukan ke penguat osilator terbalik (*inverting*) dan masukan ke rangkaian clock internal.
- i. XTAL2 merupakan keluaran dari penguat osilator terbalik.
- j. AVCC merupakan masukan tegangan catu daya untuk Port A sebagai ADC, biasanya dihubungkan ke Vcc, walaupun ADC-nya tidak digunakan. Jika ADC digunakan sebaiknya dihubungkan ke Vcc melalui tapis lolos-bawah (*low-pass filter*) sedangkan AREF merupakan tegangan referensi untuk ADC.

Tabel 2.1 Fungsi Alternatif Port B

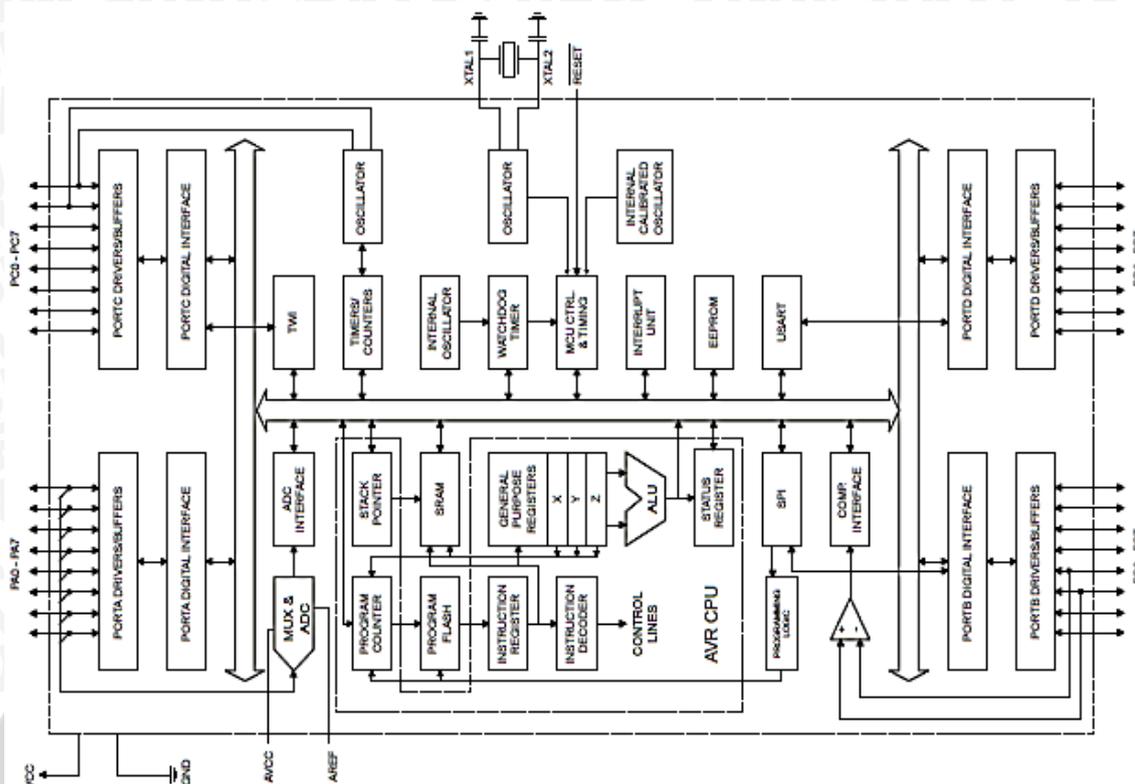
Port Pin	Fungsi Alternatif
PB7	SCK (<i>SPI Bus Serial Clock</i>)
PB6	MISO (<i>SPI Bus Master Input/Slave Output</i>)
PB5	MOSI (<i>SPI Bus Master Output/Slave Input</i>)
PB4	SS (<i>SPI Slave Select Input</i>)
PB3	AIN1 (<i>Analog Comparator Negative Input</i>)
	OC0 (<i>Timer/Counter0 Output Compare Match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

Tabel 2.2 Fungsi Alternatif Port C

Port Pin	Fungsi Alternatif
PC7	TOSC2 (<i>Timer Oscillator Pin 2</i>)
PC6	TOSC1 (<i>Timer Oscillator Pin 1</i>)
PC5	TDI (<i>JTAG Test Data In</i>)
PC4	TDO (<i>JTAG Test Data Out</i>)
PC3	TMS (<i>JTAG Test Mode Select</i>)
PC2	TCK (<i>JTAG Test Clock</i>)
PC1	SDA (<i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>)
PC0	SCL (<i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i>)

Tabel 2.3 Fungsi Alternatif Port D

Port Pin	Fungsi Alternatif
PC7	OC2 (<i>Timer/Counter2 Output Compare Match Output</i>)
PC6	ICP1 (<i>Timer/Counter1 Input Capture Pin</i>)
PC5	OC1A (<i>Timer/Counter2 Output Compare A Match Output</i>)
PC4	OC1B (<i>Timer/Counter2 Output Compare B Match Output</i>)
PC3	INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>)
PC2	INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>)
PC1	TXD (<i>USART Output Pin</i>)
PC0	RXD (<i>USART Input Pin</i>)



Gambar 2.1 Diagram Blok Mikrokontroler ATmega 16.

Sumber: ATMEL (2010:3).

2.5 Op-amp (Operational Amplifier)

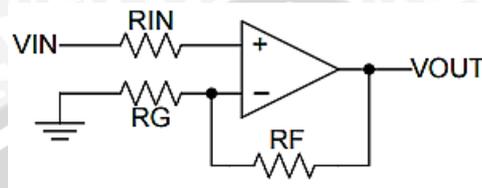
Op-amp (*Operational Amplifier*) merupakan sejenis IC, di dalamnya terdapat suatu rangkaian elektronik yang terdiri atas beberapa transistor, resistor dan atau dioda. Op-amp memiliki terminal masukan yang diberi tanda (-) dinamakan terminal masukan pembalik (*inverting*), sedangkan terminal masukan yang diberi (+) dinamakan terminal masukan bukan pembalik (*noninverting*). Umumnya op-amp bekerja dengan *dual supply* (+Vcc dan -Vee) namun juga terdapat op-amp dibuat dengan *single supply* (Vcc-ground). Ada banyak jenis op-amp, salah satunya adalah merupakan op-amp yang dirancang sebagai op-amp IC tunggal yang dapat digunakan untuk jenis penguatan seperti komparator, penguat pembalik, penguat tak membalik, dan penguat diferensial, bahkan ada yang dirancang khusus yang terdiri dari beberapa op-amp sekaligus yang digunakan sebagai IC penguat instrumentasi.

Gambar 2.2 merupakan op-amp yang dimanfaatkan sebagai penguat diferensial, yaitu dengan memanfaatkan perbedaan tegangan masukan pada terminal *inverting* dan *non inverting*. Besarnya nilai tegangan keluaran diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2-1. Dari Persamaan 2-1 dapat diperoleh besarnya penguatan dari

perbandingan tegangan keluaran terhadap tegangan masukannya. Sehingga diperoleh Persamaan 2-2.

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_F}{R_G}\right) \times V_{in} \quad (2-1)$$

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_F}{R_G} \quad (2-2)$$



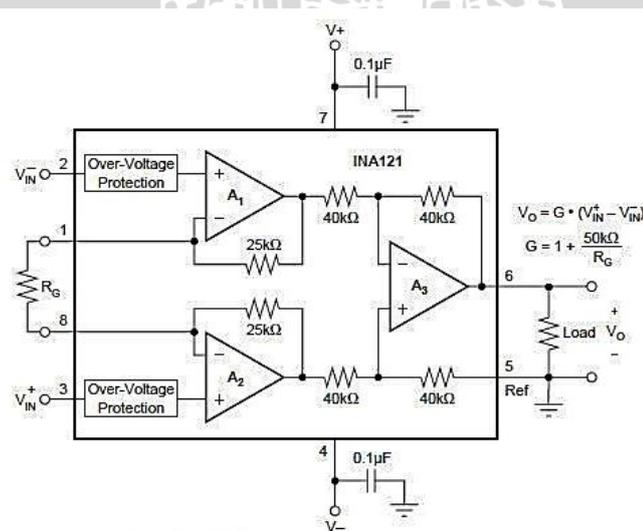
Gambar 2.2 Op-amp sebagai penguat diferensial.

Sumber: Texas Instruments (2015:13).

Gambar 2.3 menunjukkan konfigurasi serta diagram blok INA121 sebagai op-amp penguat instrumentasi, untuk penguatannya diketahui bahwa diperoleh dari perubahan nilai resistansi penguat (R_G) yang diubah untuk memperoleh besarnya penguatan yang diinginkan melalui Persamaan 2-3 (Texas Instruments, 2009). Dari Persamaan 2-3 dapat diketahui besarnya nilai R_G yang diperlukan untuk setiap penguatan yang diinginkan, nilai 50 k Ω merupakan besaran resistansi dalam yang dimiliki oleh penguat instrumentasi tersebut.

$$G = 1 + \frac{50k\Omega}{R_G} \quad (2-3)$$

$$V_o = G \times (V_{in}^+ - V_{in}^-)$$



Gambar 2.3 Konfigurasi Pin INA121.

Sumber: Texas Instruments (2009:1).

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian yang memiliki sifat aplikatif, yaitu pembuatan pemantau suhu dan kadar keasaman (pH) air pada kolam benih ikan mas yang bertujuan untuk meningkatkan pemeliharaan benih ikan mas. Sedangkan dalam usaha untuk melakukan penyelesaian akan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian, diperlukan langkah-langkah penyelesaian yang dimulai dengan perancangan sistem keseluruhan, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, dan dapat diteruskan dengan percobaan secara simulasi. Setelah dilakukan proses-proses di atas dapat dilakukan pengujian alat sehingga dapat diperoleh hasil berupa kesimpulan dan juga saran.

3.1 Perancangan Sistem Keseluruhan

Dalam perancangan sistem perlu diperhatikan hal-hal dasar dari setiap komponen agar diperoleh manfaat yang tepat guna untuk memenuhi kebutuhan alat nantinya. Selain hal tersebut perlu diketahui prinsip kerja alat yang akan dirancang sehingga dapat ditentukan spesifikasi dari tiap-tiap komponen yang akan dipergunakan disesuaikan dengan kebutuhan alat. Perancangan dilakukan dengan menyiapkan keseluruhan blok sistem yang kemudian dipisahkan dalam tiap-tiap bagiannya.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan mekanik dan perancangan elektrik. Perancangan mekanik dalam alat ini dimaksudkan untuk menyiapkan sebuah penggerak yang berguna sebagai pengangkat sensor pH guna dilakukan penetralkan agar sensor pH dapat bekerja sebagaimana mestinya. Perancangan mekanik diawali dengan desain berupa gambar yang kemudian diwujudkan secara nyata sesuai dengan perhitungan dan skala pada gambar.

Sedangkan perancangan elektrik diawali dengan melakukan desain skematik rangkaian dan melakukan perhitungan nilai-nilai komponen serta peninjauan karakteristik komponen melalui datasheet. Setelah diketahui hal tersebut maka perancangan dapat dilanjutkan ke tahap pengujian skematik rangkaian melalui simulasi menggunakan aplikasi Tina TI. Apabila dalam pengujian simulasi dalam setiap hasilnya diperoleh hasil yang diharapkan maka perancangan dapat segera dilanjutkan dengan desain PCB sebagai implementasi bagian alat nantinya. Desain PCB dalam prosesnya menggunakan aplikasi EAGLE 7.1.0.

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan langkah yang dilakukan sebagai bagian untuk menunjang fungsi alat yang dirancang. Perangkat lunak diharapkan mampu memberikan peran dalam menuntun alat agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Dalam perancangan perangkat lunak digunakan aplikasi CVAVR dan digunakan bahasa C dalam pengolahan algoritma yang telah dibuat.

Perancangan perangkat lunak nantinya dilakukan dengan mengikuti alur algoritma yang sudah dibuat. Dalam alur algoritma yang telah dibuat, setiap pembacaan sensor yang telah diolah oleh rangkaian pengkondisi sinyal akan dijadikan sebagai masukan mikrokontroler yang mana akan diolah perangkat lunak menjadi bentuk nilai pembacaan suhu dan pH air yang ditampilkan dalam LCD 2 x 16. Selain hal tersebut ketika terjadi pembacaan yang melebihi atau kurang dari nilai yang ditetapkan dalam perangkat lunak maka mikrokontroler diharuskan memberikan pemicuan pada sirine sebagai tanda peringatan

3.4 Pengujian Alat

Pengujian alat merupakan suatu langkah dimana digunakan untuk memastikan alat yang sudah direncanakan dapat bekerja. Pengujian dilakukan dengan menguji tiap – tiap bagian dari alat tersebut. Pengujian sensor suhu dilakukan sebanyak dua tahap, tahap pertama sensor diuji dengan menggunakan perubahan kenaikan dan penurunan suhu secara bergantian. Kemudian data hasil keluaran dijadikan acuan dalam pengolahan tahap selanjutnya. Tahap kedua apakah hasil keluaran sensor dapat dibaca oleh mikrokontroler dan ketika terjadi pergeseran nilai apakah dapat menyalakan sirine dan jika sudah disesuaikan kembali apakah sirine dapat dimatikan.

Pengujian sensor pH juga dilakukan sebanyak dua tahap, tahap pertama sensor diuji dengan menggunakan keragaman buffer pH untuk diketahui karakteristik sensor terhadap pH yang berbeda. Kemudian data hasil dijadikan sebagai acuan tahap selanjutnya. Tahap kedua apakah hasil keluaran sensor dapat dibaca oleh mikrokontroler dan ketika terjadi pergeseran nilai apakah dapat menyalakan sirine dan jika sudah disesuaikan kembali apakah sirine dapat dimatikan. Pengujian mikrokontroler dilakukan dengan melakukan pengujian perangkat lunak yang telah dibuat. Adapun pengujian yang dilakukan meliputi pengujian *Analog to Digital* yang berhubungan dengan sensor suhu dan sensor pH. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian respon mikrokontroler terhadap hasil keluaran sensor suhu dan sensor pH.

Setelah dilakukan pengujian di tiap-tiap bagiannya, maka selanjutnya alat diuji secara keseluruhan yang bertujuan untuk memastikan bahwa tiap-tiap bagian dapat bekerja seperti yang direncanakan saat menjadi satu kesatuan sistem. Pengujian secara keseluruhan juga dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya simpangan dari pembacaan sensor suhu dan sensor pH. Selain hal tersebut pengujian juga dimaksudkan memudahkan dalam analisa jika terjadi permasalahan pada sistem. Pengujian dilakukan melalui sepuluh kali pengujian dengan variasi sebagai berikut :

1. Diberikan perubahan nilai suhu hingga melewati batas yang direncanakan dengan kondisi nilai pH yang tetap.
2. Diberikan perubahan nilai pH hingga melewati batas yang direncanakan dengan kondisi nilai suhu yang tetap.
3. Diberikan perubahan nilai suhu dan perubahan nilai pH secara bersamaan hingga melewati batas yang direncanakan.
4. Diberikan nilai suhu dan nilai pH yang disesuaikan dengan batas yang direncanakan.



BAB IV

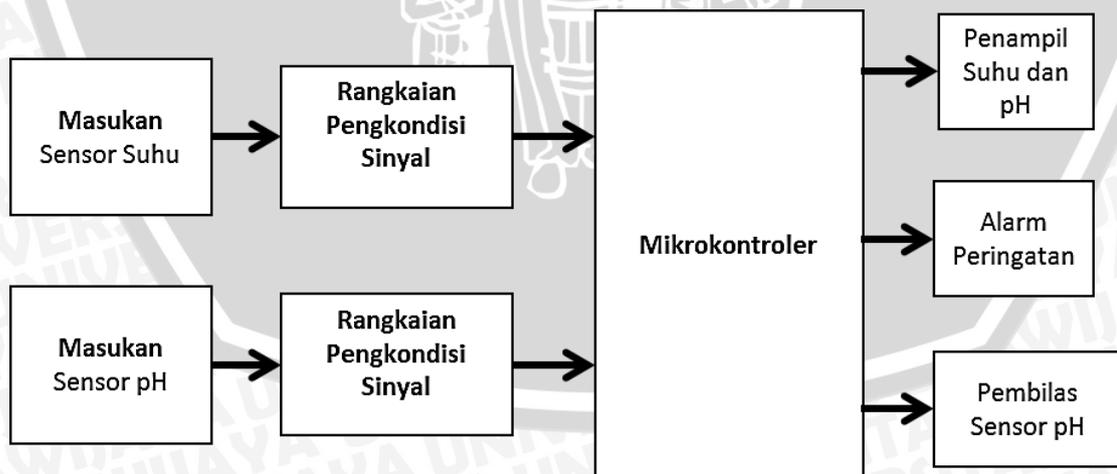
PERANCANGAN ALAT

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan sistem pantau suhu dan pH dalam kolam benih ikan mas. Pada dasarnya perancangan alat meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Pembagian dilakukan untuk memudahkan mendeteksi jika terjadi permasalahan pada alat.

4.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknya maupun secara keseluruhan. Perancangan meliputi perancangan perangkat keras yang terdiri atas rangkaian pengondisi sinyal sensor PT100, rangkaian pengondisi sinyal sensor pH, rangkaian mikrokontroler, dan rangkaian *driver* motor DC serta sirine. Selanjutnya dilakukan pembuatan dan penyelesaian perangkat lunak pengendali sistem pantau.

Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.1. Masukan sistem berupa hasil perubahan suhu dan pH yang dirasakan oleh masing–masing sensor suhu dan pH. Perubahan suhu dan pH yang dirasakan oleh sensor kemudian diolah untuk menjadi data yang akan masuk mikrokontroler melalui rangkaian pengkondisi sinyal. Keluaran sistem berupa tampilan nilai suhu dan pH dalam LCD (*Liquid Cristal Display*) serta sebuah sirine sebagai sitem peringatan ketika suhu dan atau pH air wadah benih ikan mas mengalami penurunan atau kenaikan dari batas optimal yang diijinkan dalam pemeliharaan benih ikan mas.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem Pantau Suhu dan pH.

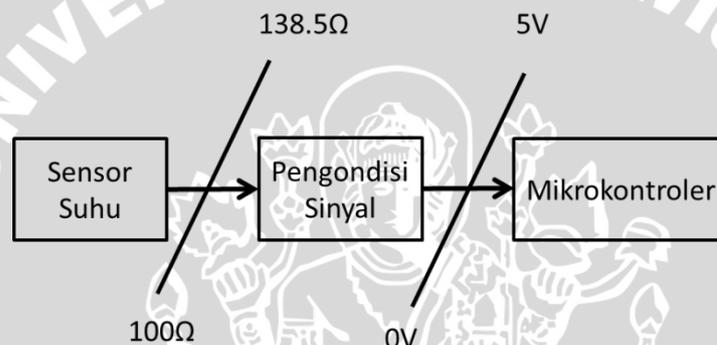
4.2 Perancangan Perangkat Keras

Berdasarkan diagram blok perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras meliputi perancangan rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu,

rangkaian pengondisi sinyal sensor pH, dan rangkaian *driver* motor DC. Di bawah ini merupakan penjelasan masing-masing perancangan perangkat keras dalam alat pantau suhu dan pH kolam benih ikan mas.

4.2.1 Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Suhu

Perancangan ini meliputi bagaimana mengoptimalkan kinerja sensor dan mempermudah pengolahan data yang berasal dari sensor. Berikut ini akan dibahas mengenai penghitungan masing-masing rangkaian pada rangkaian pengondisi sinyal seperti yang direncanakan pada Gambar 4.2. Pertama digunakan jembatan *wheatstone* guna mengubah nilai hambatan menjadi nilai besaran tegangan. Untuk mengetahui tegangan keluaran jembatan *wheatstone* maka diperlukan nilai resistansi PT100 ketika 0 dan 100° Celcius menggunakan Persamaan 4-1.



Gambar 4.2 Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Suhu.

Pada suhu 0° Celcius:

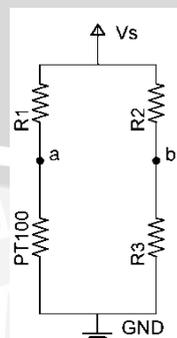
$$R_{pt100} = 100 + (0,385 \times 0^{\circ}C) \quad (4-1)$$

$$R_{pt100} = 100 \Omega$$

Pada suhu 100° Celcius:

$$R_{pt100} = 100 + (0,385 \times 100^{\circ}C)$$

$$R_{pt100} = 138,5 \Omega$$



Gambar 4.3 Rangkaian Jembatan *Wheatstone*.

Berdasarkan Gambar 4.3 maka dapat dihitung nilai V_a , V_b , dan ΔV menggunakan persamaan pembagi tegangan jembatan *wheatstone* pada suhu 0°C dan 100°C . Perhitungan dilakukan pada suhu 0°C dan 100°C yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam perancangan. Selain hal tersebut juga diperhitungkan besarnya nilai arus yang lewat sensor guna menghindari pemanasan sendiri pada sensor.

Pada suhu 0°C :

$$V_b = \frac{100}{1100} \times 4,94 = 0,45 \text{ V}$$

$$V_b = \frac{100}{1100} \times 4,94 = 0,45 \text{ V}$$

$$\Delta V_0 = 0 \text{ V}$$

Nilai arus pada 0°C :

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{1000 + 100} + \frac{1}{1000 + 100}$$

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{2}{1100}$$

$$R_{tot} = \frac{1100}{2} = 550 \Omega$$

$$I_0 = \frac{V_0}{R_0} = \frac{0,45}{550} = 0,812 \text{ mA}$$

Pada suhu 100°C :

$$V_a = \frac{138,5}{1138,5} \times 4,94 = 0,602 \text{ V}$$

$$V_b = \frac{100}{1100} \times 4,94 = 0,45 \text{ V}$$

$$\Delta V_{100} = 0,152 \text{ V}$$

Nilai arus pada suhu 100°C :

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{1000 + 138,5} + \frac{1}{1000 + 100}$$

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{2238,5}{1252350}$$

$$R_{tot} = \frac{1252350}{2238,5} = 559,46 \Omega$$

$$I_0 = \frac{V_0}{R_0} = \frac{0,602}{559,46} = 1,07 \text{ mA}$$

Selanjutnya nilai keluaran jembatan *wheatstone* diolah dengan menggunakan rangkaian penguat instrumentasi guna menaikkan nilai tegangan yang diperoleh.

Berdasarkan penguat instrumenasi yang digunakan untuk menguatkan tegangan keluaran jembatan *wheatstone* menjadi 0-4,94 V yang merupakan rentang tegangan yang dapat dibaca oleh *input* analog ADC. Besarnya penguatan (G) yang diperoleh melalui perhitungan menggunakan Persamaan 4-2. Besarnya penguatan yang digunakan diatur dengan memberikan nilai R_G yang ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2-2. Dari perhitungan yang sudah dilakukan maka dapat diperoleh rangkaian pengkondisi sinyal yang ditunjukkan Gambar 4.4.

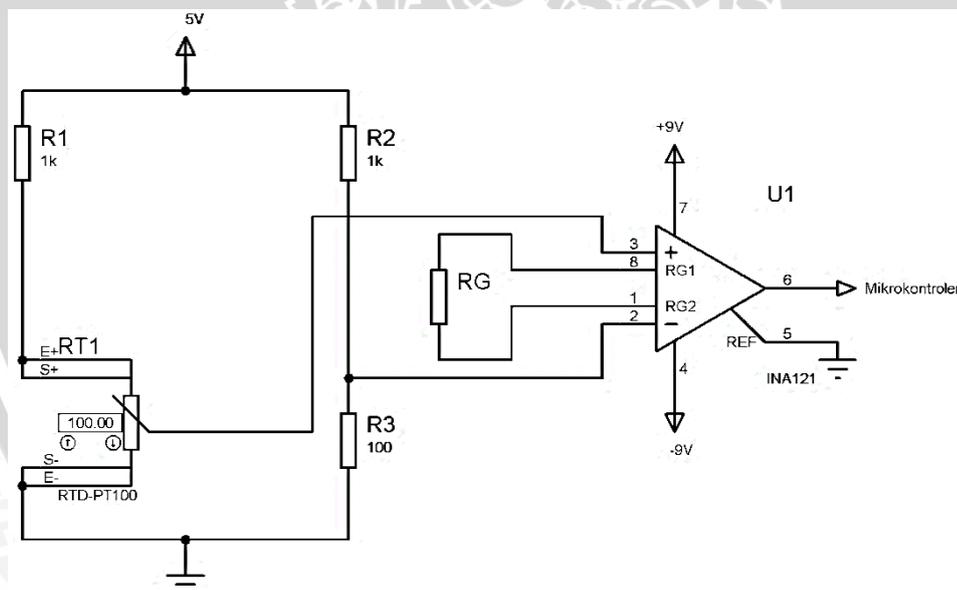
$$G = \frac{V_{out}}{\Delta V} \quad (4-2)$$

$$G = \frac{4,94}{\Delta V_{100} - \Delta V_0}$$

$$G = \frac{4,94}{0,152} = 33,068$$

$$R_G = \frac{50k\Omega}{G - 1} \quad (2-2)$$

$$R_G = \frac{50k\Omega}{33,068 - 1} = 1551,86 \Omega \approx 1550 \Omega$$

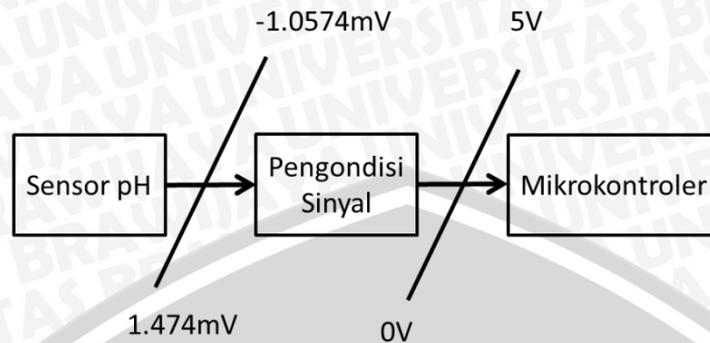


Gambar 4.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu.

4.2.2 Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor pH

Perancangan ini meliputi bagaimana mengoptimalkan kinerja sensor dan mempermudah pengolahan data yang berasal dari sensor. Berikut ini akan dibahas mengenai penghitungan masing-masing rangkaian pada rangkaian pengondisi sinyal seperti yang direncanakan pada Gambar 4.5. Dalam perancangan ini diberikan

pengkondisi sinyal yang berfungsi meningkatkan pembacaan sensor dengan diberikan pula rangkaian pengkondisi sinyal instrumentasi.



Gambar 4.5 Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor pH.

$$G = \frac{V_{out}}{\Delta V} \quad (4-2)$$

$$G = \left| \frac{4,94}{V_9 - V_5} \right|$$

$$G = \left| \frac{4,94}{-0,0025314} \right| = 1951,48$$

Besarnya penguatan yang mencapai hampir 2000 kali dapat dibagi menjadi dua tahap penguatan agar nilai yang dikuatkan tidak mengalami pergeseran nilai. Penguatan dibagi dengan penguatan pertama menggunakan pengganda tegangan yang kemudian diteruskan dengan penguat instrumentasi. Besarnya nilai penguatan awal diperoleh dengan Persamaan 2-1 dengan ditentukan besarnya nilai penguatan awal sebesar 40 kali.

$$V_{out} = \left(\frac{R_F}{R_G} + 1 \right) \times V_{in} \quad (2-1)$$

$$V_{out_5} = \left(\frac{39k\Omega}{1k\Omega} + 1 \right) \times 1,474 = 58,56 \text{ mV}$$

$$V_{out_9} = \left(\frac{39k\Omega}{1k\Omega} + 1 \right) \times (-1.0574) = -42,296 \text{ mV}$$

Besarnya penguatan yang telah diperoleh diolah kembali guna memperoleh penguatan sebesar 1951 kali dengan Persamaan 4-2. Besarnya penguatan yang digunakan diatur dengan memberikan nilai R_G yang ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2-2. Dari perhitungan yang sudah dilakukan maka dapat diperoleh rangkaian pengkondisi sinyal yang ditunjukkan Gambar 4.6. Sebagai masukan digunakan masukan pada pin negatif dikarenakan nilai keluaran pada sensor dan penguatan negative diperoleh nilai yang negatif, sedangkan untuk nilai tegangan pembanding diperoleh dengan menggunakan pembagi tegangan dengan nilai tegangan sumber sebesar 5 V

sehingga untuk mendapat nilai 58,56 mV digunakan nilai R_3 dan R_4 sebesar 1,2 k Ω dan 100 k Ω .

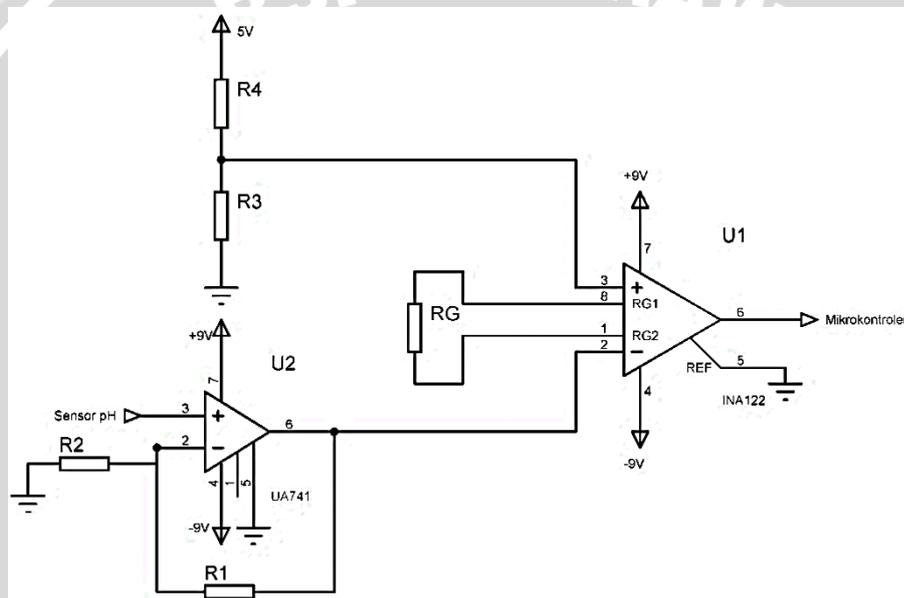
$$G = \frac{V_{out}}{\Delta V} \quad (4-2)$$

$$G = \left| \frac{4,94}{V_9 - V_5} \right|$$

$$G = \left| \frac{4,94}{-0,100856} \right| = 48,9807$$

$$R_G = \frac{50k\Omega}{G - 1} \quad (2-2)$$

$$R_G = \frac{50k\Omega}{48,9807 - 1} = 1042 \Omega \approx 1 k\Omega$$



Gambar 4.6 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor pH.

4.2.3 Driver Motor DC

Driver motor digunakan sebagai pengendali putaran motor DC menggunakan driver relay. Relay dipilih menimbang perlakuan yang tidak membutuhkan penyalaan secara cepat dan penyalaan yang tidak terlalu sering. Gambar 4.7 adalah *schematic* rangkaian driver motor DC. Pada Gambar 4.7 digunakan *relay* yang merupakan jenis HRS4H-(S) DC 12 V memiliki tegangan *coil* sebesar 12 V, hambatan *coil* sebesar 400 Ω , tegangan operasi sebesar 8,4 V, tegangan pelepasan dan sebesar 1,2 V. Transistor yang digunakan merupakan jenis NPN KSP2222A yang memiliki V_{CE} sebesar 0,3 V, V_{BE} sebesar 1,2 V, arus *collector* sebesar 600mA dan hfe sebesar 50. Dioda yang digunakan merupakan jenis 1N4007 yang dapat melewati arus sebesar 1 A. Dari hal tersebut dapat

ditentukan besarnya komponen yang digunakan, untuk arus yang dibutuhkan *relay* melalui Persamaan 4-3 sebagai berikut:

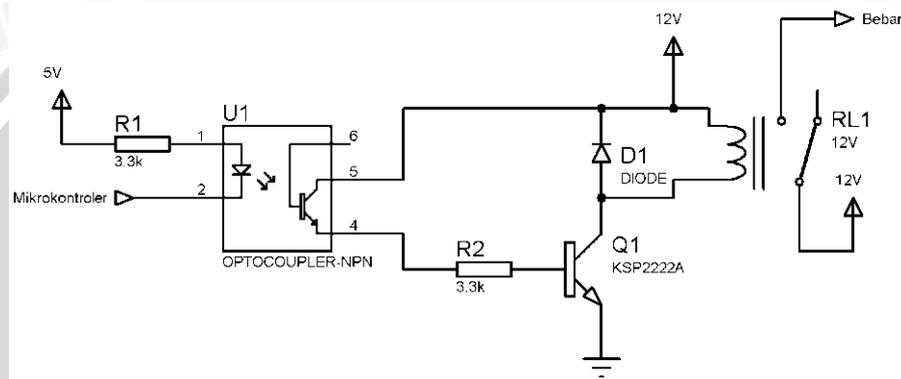
$$V_S - V_{relay} - V_{CE(transistor)} = 0 \quad (4-3)$$

$$V_S - (I_{relay} \times R_{relay}) - V_{CE(transistor)} = 0$$

$$12 - (I_{relay} \times 400) - 0,3 = 0$$

$$11,7 - (I_{relay} \times 400) = 0$$

$$I_{relay} = \frac{11,7}{400} = 29,25 \text{ mA}$$



Gambar 4.7 Rangkaian *Driver* Motor DC.

Arus relay sebesar 29,25 mA merupakan arus minimal agar relay aktif, sehingga agar aman arus dapat ditetapkan sebesar 150 mA yaitu 5 kali nilai arus minimal. Dari hal tersebut dapat diperoleh arus basis melalui Persamaan 4-4. Setelah didapat nilai arus basis maka dapat ditentukan besarnya nilai resistor melalui Persamaan 4-5.

$$I_b = \frac{I_c}{hfe} \quad (4-4)$$

$$I_b = \frac{150}{50}$$

$$I_b = 3 \text{ mA}$$

$$V_S - V_{CE(opto)} - V_{BE(transistor)} - V_{R2} = 0 \quad (4-5)$$

$$V_S - V_{CE(opto)} - V_{BE(transistor)} - (I_{R2} \times R_2) = 0$$

$$12 - 0,3 - 1,2 - (0,003 \times R_2) = 0$$

$$10,5 - (0,003 \times R_2) = 0$$

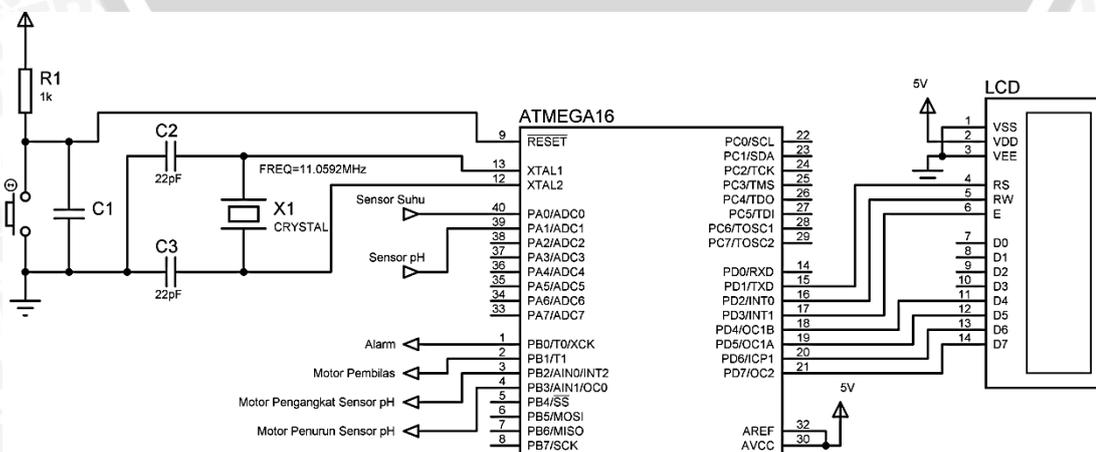
$$R_2 = \frac{10,5}{0,003} = 3500 \Omega \approx 3,5 \text{ k}\Omega$$

Dalam memudahkan perancangan maka digunakan resistor sebesar 3,3 k Ω dikarenakan resistor 3,5 k Ω sulit dijumpai dipasar, dan penggantian resistor tersebut masih dapat ditoleransi dikarenakan perbedaan nilai tidak terlalu jauh. Selanjutnya *optocoupler* yang digunakan merupakan jenis 4N35, dikarenakan mudah dijumpai di pasaran dan harganya yang murah. *Optocoupler* 4N35 memiliki spesifikasi yaitu CTR sebesar 100%, *Input Diode Forward* sebesar 60mA, daya pada dioda sebesar 100mW, tegangan diode sebesar 1,67 V, dan arus keluaran nilai rendah ATmega16 sebesar 0,9 V, maka melalui Persamaan 4-6 dapat diperoleh nilai resistansi yang akan digunakan yaitu sebesar 3,3 k Ω .

$$\begin{aligned} V_{CC} - V_{diode} - V_{OL} - V_{R1} &= 0 & (4-6) \\ 5 - 1,67 - 0,9 - (I_{R1} \times R_1) &= 0 \\ 2,43 - (0,06 \times R_1) &= 0 \\ R_1 &= \frac{2,43}{0,06} = 3315 \Omega \approx 3,3 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

4.2.4 Konfigurasi I/O Mikrokontroler

Dalam perancangan mikrokontroler, beberapa pin digunakan untuk menunjang sistem secara keseluruhan. Gambar 4.8 menunjukkan perancangan sistem mikrokontroler. PORT A.0-PORT A.1 dimanfaatkan sebagai pengubah sinyal masukan analog menjadi sinyal keluaran digital. PORT D.1-PORT D.7 dimanfaatkan untuk nilai keluaran bagi tampilan LCD. PORT B.0-PORT B.3 digunakan sebagai keluaran untuk respon motor DC, sirine, dan penyemprot. Perancangan tombol reset dilakukan dengan menentukan nilai-nilai yang diperoleh dari Persamaan 4-7, namun ditentukan terlebih dahulu nilai resistor sebesar 1 k Ω , dan nilai penyalan kapasitor diperoleh dari nilai waktu penyalan catu daya untuk pertama kali yang ditunjukkan Gambar 4.9 yaitu sebesar 9,5 ms.



Gambar 4.8 Rangkaian Mikrokontroler.

$$V_{Cap} = V_{Sumber} \times e^{\frac{t}{R \cdot C(t)}} \quad (4-7)$$

$$0,1 \times V_{Sumber} = V_{Sumber} \times e^{\frac{t}{R \cdot C(t)}}$$

$$0,1 = e^{\frac{9,5 \times 10^{-3}}{10^3 C}}$$

$$\ln 0,1 = \ln e^{\frac{9,5 \times 10^{-3}}{10^3 C}}$$

$$-2,3 = \frac{-9,5 \times 10^{-3}}{10^3 C}$$

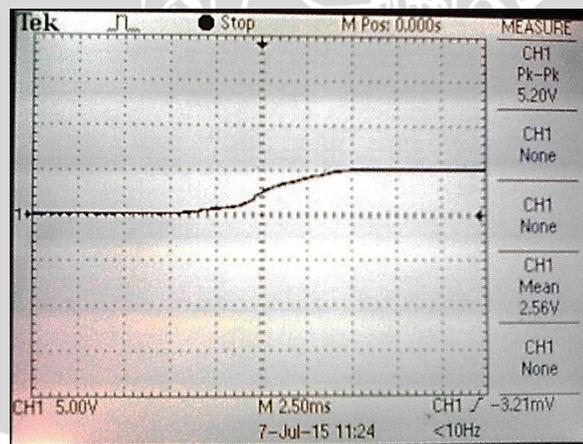
$$C = \frac{-9,5 \times 10^{-3}}{-2,3 \times 10^3}$$

$$C = \frac{-9,5 \times 10^{-3}}{-2,3 \times 10^3}$$

$$C = 4,13 \times 10^{-6} F$$

$$C = 4,13 \mu F$$

Jadi nilai minimal kapasitor yang dibutuhkan sebesar 4,13 μF , sehingga untuk mempermudah pencarian dipasar digunakan kapasitor dengan nilai 10 μF . Nilai tersebut merupakan nilai minimal yang diperlukan dalam perancangan, sehingga dimungkinkan untuk diberikan nilai yang lebih besar daripada nilai tersebut. Sedangkan untuk XTAL digunakan nilai sebesar 11,0592 MHz dengan nilai kapasitor sebesar 22 pF.

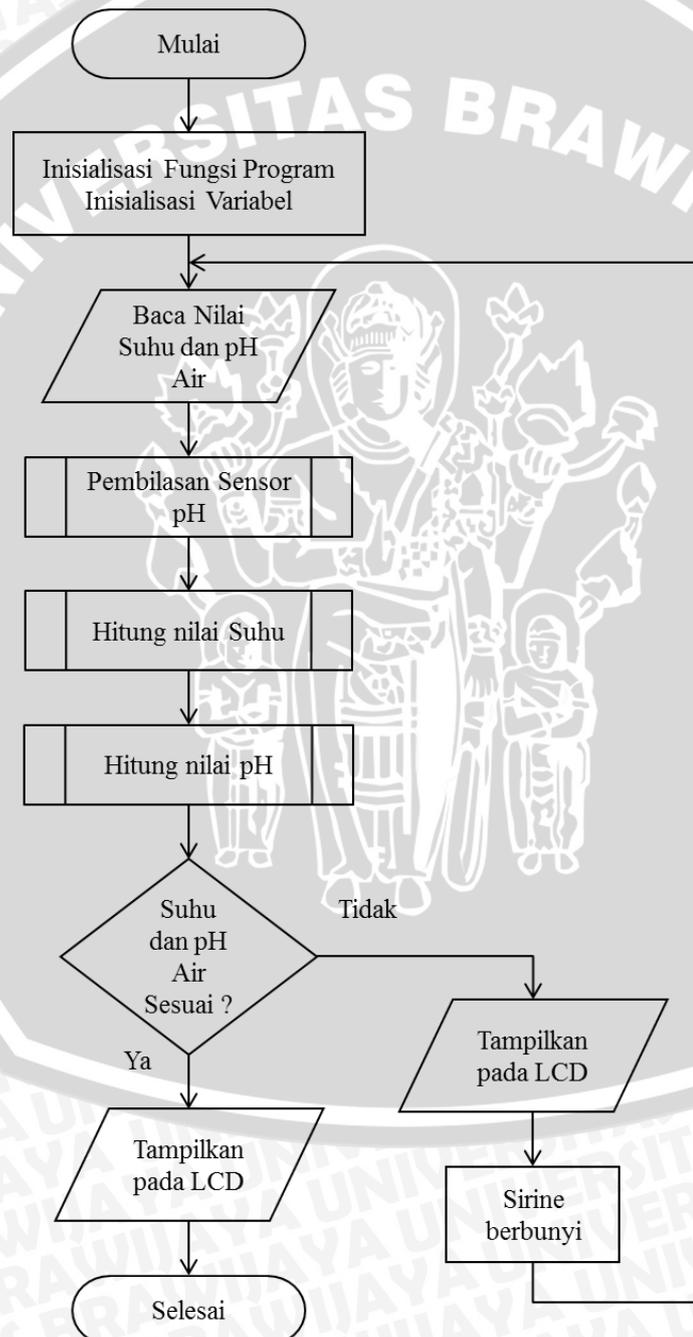


Gambar 4.9 Grafik penyalan catu daya.

4.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak berupa diagram alir bahasa pemrograman yang dipakai untuk ATmega16. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C yang nantinya dibuat dan di-*compile* menggunakan software CAVR. Diagram alir ditunjukkan pada Gambar 4.10. Program ditujukan untuk melakukan pembacaan nilai

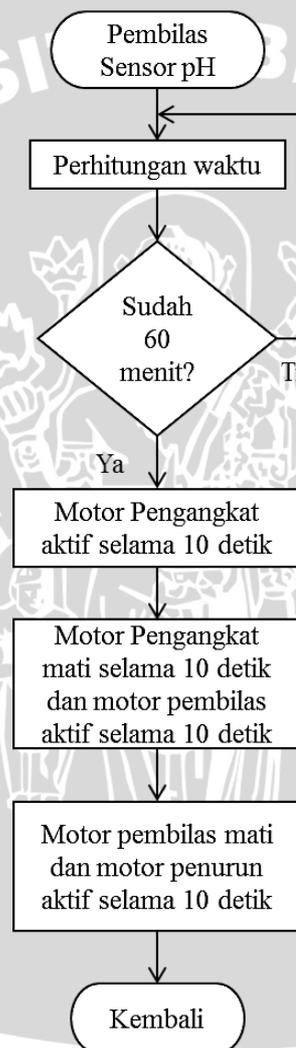
suhu dan pH serta melakukan perintah proses pembilasan sensor pH dan memberi sistem peringatan saat suhu dan pH mengalami pergeseran nilai melalui pin-pin mikrokontroler yang diteruskan pada relay untuk menggerakkan motor DC dan sirine. Diagram alir menunjukkan runtutan perintah yang dirancang yang nantinya diberikan pada sistem. Melalui diagram alir tersebut dapat diperoleh runtutan program yang akan diberikan sehingga memudahkan dalam perancangan. Runtut program yang diberikan juga dapat ditinjau kembali melalui diagram alir sehingga memudahkan dalam peninjauan dan perbaikan runtut program.



Gambar 4.10 Diagram Alir Program Sistem Keseluruhan.

4.3.1 Perancangan Perangkat Lunak Pembilas Sensor pH

Fungsi pembilas sensor pH merupakan fungsi yang memiliki kinerja sendiri tanpa dipengaruhi oleh fungsi yang lain, dalam sistem kerjanya fungsi pembilas sensor pH dirancang untuk melaksanakan perintah dengan selang waktu yang ditentukan. Mikrontroler memberikan perintah pada pin yang ditujukan untuk memicu relay dalam selang waktu yang diinginkan guna menggerakkan motor DC pengangkat dan motor DC pembilas sensor pH. Gambar 4.11 menunjukkan diagram alir perangkat lunak pembilasan sensor pH yang mana digunakan PORTB.1-PORTB.3 guna memberikan perintah untuk menggerakkan motor pengangkat, penurun dan pembilas sensor pH.



Gambar 4.11 Diagram Alir Pembilasan Sensor pH.

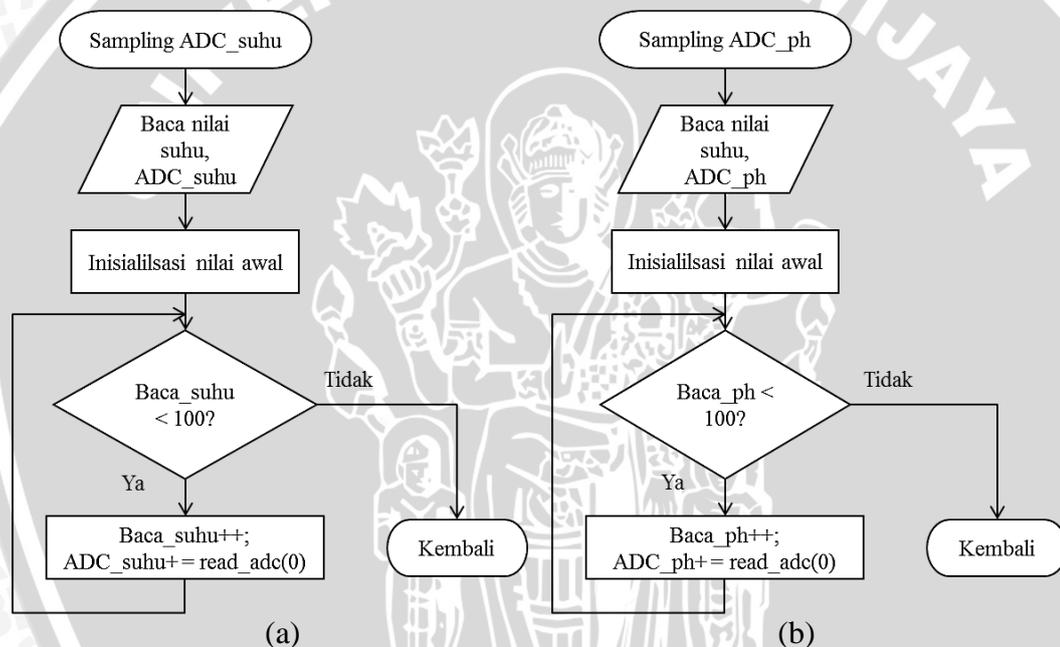
4.3.2 Perancangan Perangkat Lunak Bagian *Sampling* ADC

Pada perancangan ini program bagian *sampling* ADC merupakan fungsi yang digunakan untuk mendapatkan nilai ADC yang sebelumnya telah disimpan dalam sebuah variabel yang telah ditentukan. Penyimpanan tersebut dilakukan kedalam sebuah variabel setelah dilakukan penjumlahan pembacaan nilai ADC sebanyak 100 kali

dalam selang waktu tertentu. Gambar 4.12 dan 4.13 merupakan diagram alir program bagian *sampling* ADC. Pada perancangan pembacaan *sampling* ADC digunakan PORTA.0-PORTA.1 sebagai masukan nilai pembacaan sensor suhu dan sensor pH yang nantinya dilakukan pengolahan setelah dilakukan 100 kali pembacaan nilai yang masuk dalam selang waktu tertentu, dengan pembacaan sensor yang memiliki nilai akurasi pembacaan selama 2 detik maka untuk waktu pembacaan dilakukan melalui perhitungan Persamaan 4-8 sehingga nilai waktu pembacaan diperoleh sebesar 20 ms dalam selang waktu 2 detik untuk 100 kali pembacaan.

$$t = \frac{t_{tot}}{n} \quad (4-8)$$

$$t = \frac{2000}{100} = 20 \text{ ms}$$



Gambar 4.12 (a) Diagram Alir program bagian *sampling* pembacaan suhu dan (b) Diagram Alir program bagian *sampling* pembacaan pH.

4.3.3 Perancangan Perangkat Lunak Bagian Perhitungan Nilai Suhu

Pada perancangan perhitungan nilai suhu memiliki fungsi pengubah dari nilai ADC yang dibaca oleh mikrokontroler menjadi nilai suhu yang terukur. Gambar 4.13 merupakan diagram alir perintah pengubahan nilai ADC menjadi nilai suhu terukur. Nilai ADC merupakan nilai konversi dari tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu, dimana besarnya ditunjukkan Persamaan 4-9.

$$ADC = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 1024 \quad (4-9)$$

Nilai V_{ref} diketahui sebesar 5 V dan ADC yang merupakan variabel, maka nilai V_{in} yang merupakan tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan Persamaan 4-10. Dimana V_{in} merupakan nilai tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal yang diperoleh melalui Persamaan 2-3 maka $V_{in} = V_o$, maka diperoleh Persamaan 4-11. Dengan nilai G diketahui sebesar 33,068 serta V_{in}^+ yang merupakan nilai tegangan keluaran sensor suhu, dan V_{in}^- merupakan nilai tegangan pembanding yang diketahui sebesar 0,141 V maka dapat diketahui nilai kontanta suhu melalui substitusi Persamaan 4-10 dengan Persamaan 4-11.

$$V_{in} = \frac{5}{1024} \times ADC \quad (4-10)$$

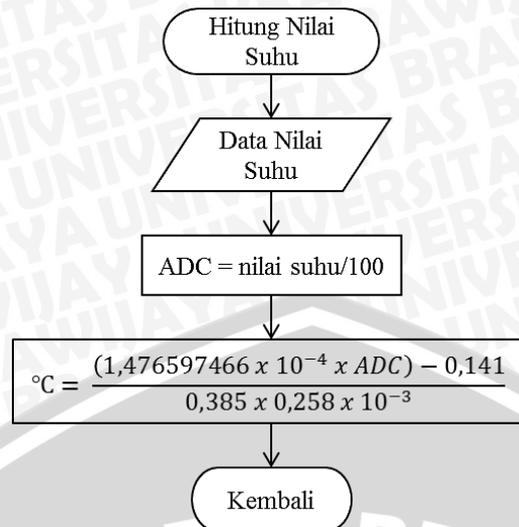
$$V_{in} = G \times (V_{in}^+ - V_{in}^-) \quad (4-11)$$

$$\begin{aligned} \frac{5}{1024} \times ADC &= G \times (V_{in}^+ - V_{in}^-) \\ \frac{5}{1024} \times ADC &= 33,068 \times (V_{in}^+ - 0,141) \\ \frac{5}{1024 \times 33,068} \times ADC &= (V_{in}^+ - 0,141) \\ V_{in}^+ &= (1,476597466 \times 10^{-4} \times ADC) - 0,141 \end{aligned} \quad (4-12)$$

Nilai V_{in}^+ yang merupakan tegangan keluaran sensor yang dihubungkan dengan konfigurasi jembatan wheatstone, maka dengan diketahuinya sensitivitas sensor sebesar $0,385\Omega/^\circ\text{C}$ dan nilai perubahan arus sebesar 0,258 mA maka nilai suhu terukur diperoleh melalui substitusi persamaan 4-12 ke dalam Persamaan 4-13 yang merupakan perbandingan nilai tegangan terukur dengan nilai resistansi yang dikalikan dengan nilai arus setiap kenaikan suhu persatuan derajat celcius sehingga besarnya nilai suhu terukur dapat diketahui melalui Persamaan 4-14, yang dapat disusun ke dalam diagram alir yang ditunjukkan Gambar 4-13. Selanjutnya persamaan tersebut yang akan digunakan dalam perancangan perangkat lunak untuk konversi nilai pembacaan sensor ke dalam nilai besaran suhu.

$$^\circ\text{C} = \frac{V_{in}^+}{R \times I} \quad (4-13)$$

$$^\circ\text{C} = \frac{(1,476597466 \times 10^{-4} \times ADC) - 0,141}{0,385 \times 0,258 \times 10^{-3}} \quad (4-14)$$



Gambar 4.13 Diagram Alir Perhitungan Nilai Suhu Terukur.

4.3.4 Perancangan Perangkat Lunak Bagian Perhitungan Nilai pH

Pada perancangan perhitungan nilai suhu memiliki fungsi pengubah dari nilai ADC yang dibaca oleh mikrokontroler menjadi nilai suhu yang terukur. Gambar 4.14 merupakan diagram alir perintah pengubahan nilai ADC menjadi nilai pH terukur. Nilai ADC merupakan nilai konversi dari tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal sensor pH, dimana besarnya ditunjukkan Persamaan 4-9.

$$ADC = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 1024 \quad (4-9)$$

Nilai V_{ref} diketahui sebesar 5 V dan ADC yang merupakan variabel, maka nilai V_{in} yang merupakan tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan Persamaan 4-10. Dimana V_{in} merupakan nilai tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal yang diperoleh melalui persamaan 2-3 maka $V_{in} = V_o$, diperoleh Persamaan 4-11. Dengan nilai G diketahui sebesar 1951,48 serta V_{in}^+ yang merupakan nilai tegangan keluaran sensor pH, dan V_{in}^- merupakan nilai tegangan pembanding yang diketahui sebesar 58,56 mV maka dapat diketahui nilai konstanta pH melalui substitusi Persamaan 4-10 dengan Persamaan 4-11.

$$V_{in} = \frac{5}{1024} \times ADC \quad (4-10)$$

$$V_{in} = G \times (V_{in}^+ - V_{in}^-) \quad (4-11)$$

$$\frac{5}{1024} \times ADC = G \times (V_{in}^+ - V_{in}^-)$$

$$\frac{5}{1024} \times ADC = 1951,48 \times (V_{in}^+ - 58,56)$$

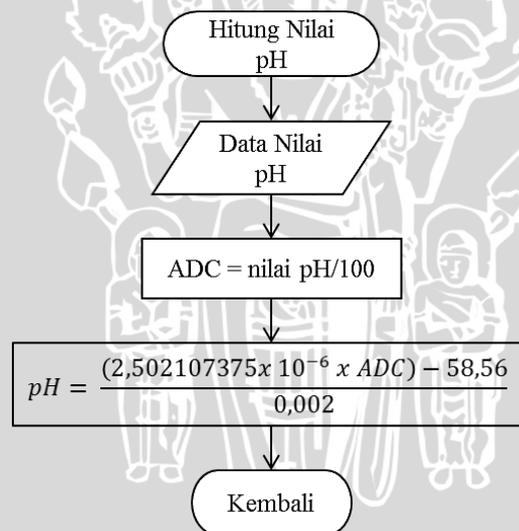
$$\frac{5}{1024 \times 1951,48} \times ADC = (V_{in}^+ - 58,56)$$

$$V_{in}^+ = (2,502107375 \times 10^{-6} \times ADC) - 58,56 \quad (4-15)$$

Nilai V_{in}^+ yang merupakan tegangan keluaran sensor yang dihubungkan dengan konfigurasi jembatan wheatstone, maka dengan diketahuinya sensitivitas sensor sebesar 0,002 pH maka nilai pH terukur diperoleh melalui substitusi Persamaan 4-12 ke dalam Persamaan 4-16 sehingga besarnya nilai pH terukur dapat diketahui melalui Persamaan 4-17, yang dapat disusun ke dalam diagram alir yang ditunjukkan Gambar 4-14. Selanjutnya persamaan tersebut yang akan digunakan dalam perancangan perangkat lunak untuk konversi nilai pembacaan sensor ke dalam nilai besaran pH.

$$pH = \frac{V_{in}^+}{S} \quad (4-16)$$

$$pH = \frac{(2,502107375 \times 10^{-6} \times ADC) - 58,56}{0,002} \quad (4-17)$$



Gambar 4.14 Diagram Alir Perhitungan Nilai pH Terukur.

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui apakah sistem telah bekerja seperti dengan perancangan yang dilakukan. Pengujian dilakukan melalui tiap-tiap bagian dari perancangan kemudian dilanjutkan dengan pengujian secara keseluruhan. Diharapkan dengan pengujian secara bertahap dapat diperoleh nilai pengujian yang dapat memudahkan analisa. Pengujian yang perlu dilakukan sebagai berikut :

1. Pengujian pembacaan sensor suhu
2. Pengujian pembacaan sensor pH
3. Pengujian sistem mekanik penetralan sensor pH
4. Pengujian secara keseluruhan

5.1 Pengujian Pembacaan Sensor Suhu

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor suhu dapat melakukan pembacaan nilai suhu air dengan baik. Pengujian pembacaan sensor suhu dilakukan dengan 2 pengujian, yaitu pengujian dengan suhu yang berubah-ubah tanpa rangkaian pengkondisi sinyal dan pengujian dengan suhu yang berubah-ubah. Pengujian tersebut dimaksudkan untuk dapat diperoleh perilaku perubahan nilai pembacaan sensor dengan situasi berbeda sehingga dapat diketahui perlakuan yang akan diberikan dalam pembacaan nilai suhu.

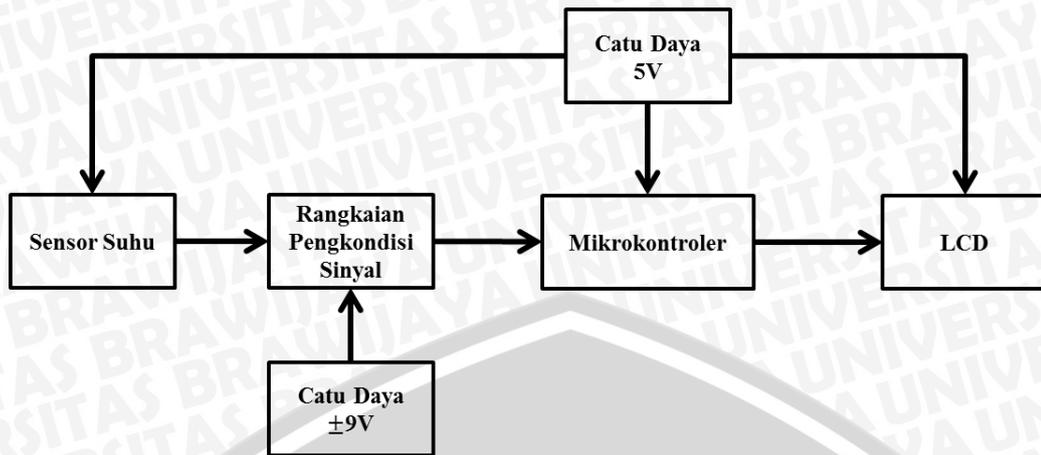
Pengujian pertama merupakan pengujian sensor suhu terhadap suhu air yang berubah-ubah. Pengujian diawali dengan menyiapkan air dengan suhu yang ditentukan. Untuk mendapatkan air dengan suhu 10 °C, air dengan suhu awal sekitar 27 °C dimasukkan ke dalam pendingin hingga diperoleh suhu di bawah 10 °C. Kemudian setelah air didiamkan dalam pendingin selama 30 menit, air dikeluarkan dan dicek hingga suhu air mencapai 10 °C menggunakan termometer. Setelah suhu tepat pada 10°C kemudian sensor dimasukkan ke dalam air dan dilakukan pengukuran dengan menghubungkan sensor dengan multimeter yang memiliki resolusi pengukuran sebesar 0,1 ohm. Begitu pula untuk suhu 15 °C, 20 °C, dan 25 °C. Namun untuk air agar mencapai suhu 30 °C, air yang memiliki suhu awal 27 °C dipanaskan menggunakan pemanas sekitar 3 menit untuk memperoleh suhu diatas 30 °C, setelah dipanaskan air didiamkan dan ditunggu hingga suhu air turun tepat pada 30°C, dan setelahnya dilakukan pengukuran menggunakan sensor suhu. Secara keseluruhan dalam pengujian ini sensor suhu diberikan pada air uji coba kemudian diperoleh nilai hambatan dari sensor suhu seperti pada Tabel 5.1, nilai yang keluar dari sensor suhu secara langsung

dibandingkan dengan termometer untuk mengetahui besarnya nilai hambatan pada nilai suhu yang ditentukan. Dari Tabel 5.1 diperoleh nilai hambatan yang mengalami perubahan cukup signifikan dari percobaan satu ke percobaan lainnya, hal tersebut dapat dipengaruhi beberapa factor seperti suhu ruangan yang naik turun, sensor yang tidak diberikan perlakuan yang sama dalam setiap percobaan, serta kondisi sensor dari percobaan pertama ke percobaan selanjutnya yang berubah dan beradaptasi dengan keadaan suhu air. Dalam memperoleh suhu yang diinginkan terjadi kenaikan suhu yang lambat dari suhu awal setelah keluar dari pendingin. Hal tersebut dikarenakan kemampuan air dalam menyesuaikan diri dengan suhu sekitarnya, sehingga fenomena tersebut wajar adanya. Lamanya kenaikan terjadi sekitar 120 menit hingga mencapai suhu 25°C dari suhu 5°C. Sedangkan lamanya penurunan nilai suhu dari °C mencapai suhu 30°C sekitar menit. Pembacaan menggunakan multimeter terhitung kurang presisi dikarenakan multimeter yang digunakan memiliki toleransi pembacaan hambatan sebesar 6 ohm, sehingga dengan perubahan sebesar 0.384 ohm tiap derajat celcius tidak memungkinkan untuk digunakan multimeter.

Tabel 5.1 Hasil pengujian pembacaan sensor suhu

Uji	Suhu(°C)			
	10	15	20	25
1	105	106.2	108.1	110.3
2	104.6	106.4	108.1	110.5
3	104.8	106.3	108.1	110.3
4	104.9	106.3	108.2	110.1
5	104.9	106.4	108.3	110.5
6	104.5	107.1	108.3	110.2
7	104.6	107.1	108.5	110.4
8	104.7	106.8	108.5	110.3
9	104.7	106.8	108.3	110.3
10	104.8	106.7	108.6	110.2
	Ω	Ω	Ω	Ω

Pengujian selanjutnya dengan memberikan catu pada sensor PT100 sebesar 5 volt, perubahan tegangan yang dimasukkan ke dalam osiloskop dijadikan acuan nilai perubahan suhu respon hasil PT100. Pengujian kedua merupakan pengujian pembacaan dengan menggunakan nilai suhu yang berubah-ubah. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui karakteristik dari keluaran sensor dan respon sistem terhadap nilai suhu yang berubah. Diagram blok pengujian pembacaan sensor dapat dilihat pada Gambar 5.1 yang merupakan tata cara pengujian yang hendak dilakukan.



Gambar 5.1 Diagram blok pengujian pembacaan sensor suhu.

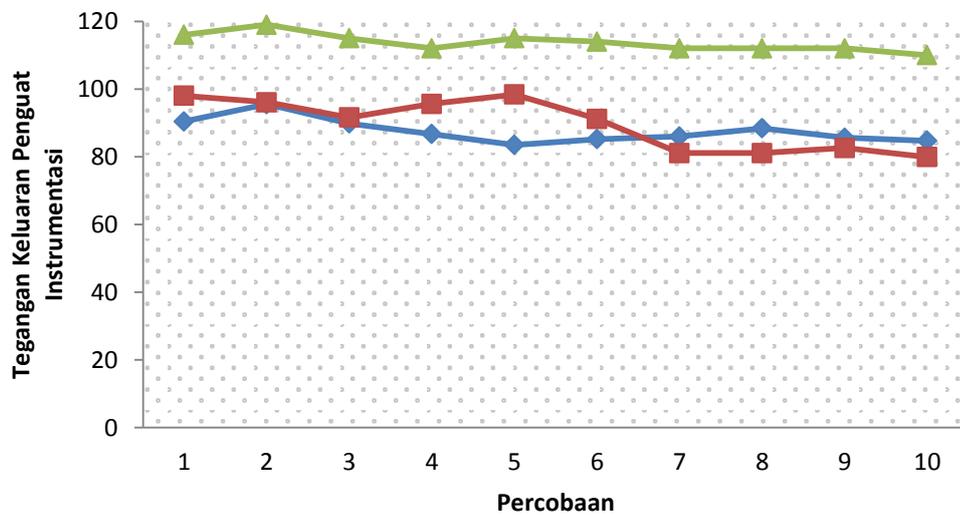
Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan menyusun rangkaian seperti Gambar 5.1. Kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan air dengan nilai suhu 25°C-30°C secara bergantian. Untuk memperoleh nilai suhu tersebut dengan memasukkan air kedalam pendingin untuk memperoleh suhu air dibawah 25°C, setelah mencapai suhu 25°C dilakukan pengukuran menggunakan osiloskop untuk mendapatkan nilai keluaran rangkaian pengkondisi sinyal, hal tersebut dilakukan pula untuk setiap kenaikan suhu dimulai dari nilai suhu 25°C. Dengan suhu 30°C, air terlebih dahulu dipanaskan hingga suhu mencapai diatas 30°C, saat tepat pada nilai suhu 30°C dilakukan pengukuran. Tabel 5.2 menunjukkan hasil pengukuran yang telah dilakukan.

Tabel 5.2 Hasil pengujian pembacaan sensor suhu

Suhu	15	25	30
1	600/90.4	200/98.0	800/116
2	600/95.5	200/96.1	1000/119
3	600/89.8	400/91.6	1000/115
4	600/86.7	200/95.6	800/112
5	600/83.5	200/98.4	800/115
6	600/85.2	200/91.2	800/114
7	600/86.0	600/81.1	1000/112
8	600/88.4	800/81.1	1000/112
9	600/85.6	600/82.6	1000/112
10	600/84.7	800/79.9	1000/110
Pk-Pk/Mean	mV	mV	mV

Meninjau pengujian sebelumnya, pengujian kedua diberikan dengan menguji sensor melalui rangkaian jembatan wheatstone dengan diberikan tegangan sebesar 5V, dalam pengujian ini respon sensor direkam melalui osiloskop sehingga dapat diketahui tegangan keluaran secara detail hingga bentuk sinyal yang dihasilkan. Tabel 5.2 merupakan hasil rekam respon sensor yang didapatkan dari osiloskop. Pengujian ini

diharapkan memberikan hasil dengan toleransi yang mencapai 0Ω dan resolusi hingga 0.1Ω sehingga hasil respon sensor dapat diolah dan didapatkan nilai pembacaan yang mendekati keadaan sebenarnya.



Gambar 5.2 Grafik Tegangan Keluaran Penguat Instrumentasi Sensor Suhu.

5.2 Pengujian Pembacaan Sensor pH

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor pH dapat melakukan pembacaan nilai pH air dengan baik. Pengujian pembacaan sensor pH dilakukan dengan 2 pengujian, yaitu pengujian dengan pH yang berubah-ubah tanpa rangkaian pengkondisi sinyal dan pengujian dengan pH yang berubah-ubah. Pengujian pertama merupakan pengujian sensor suhu terhadap suhu air yang berubah-ubah. Nilai pH yang digunakan diperoleh dari substrat yang memiliki nilai pH tertentu yakni 5 hingga 9. Substrat tersebut diperoleh dari pihak toko bahan kimia sebagai penyedia substrat dengan nilai pH tertentu yang diinginkan. Sensor pH diujikan ke dalam substrat secara bergantian, dimulai dengan substrat dengan nilai pH 5. Sensor dimasukkan kedalam substrat kemudian diangkat dan dinetralkan dengan air, setelahnya sensor kembali dimasukkan kedalam substrat untuk dilakukan percobaan berikutnya. Hal tersebut dilakukan secara berulang sehingga diperoleh nilai pH substrat yang terbaca oleh sensor melalui osiloskop dalam nilai berupa tegangan. Dalam pelaksanaannya diketahui bahwa sensor bekerja selama 2 detik dalam pembacaan pH substrat, untuk melihat nilai keluaran sensor dalam osiloskop dilakukan penghentian pembacaan osiloskop setelah 2 detik dengan menggunakan tombol berhenti pada osiloskop. Nilai yang terbaca oleh sensor pH setelah 2 detik adalah nilai awal pada osiloskop, sehingga setelah 2 detik tidak ada pembacaan dan sensor perlu dinetralkan dengan air. Secara keseluruhan dalam

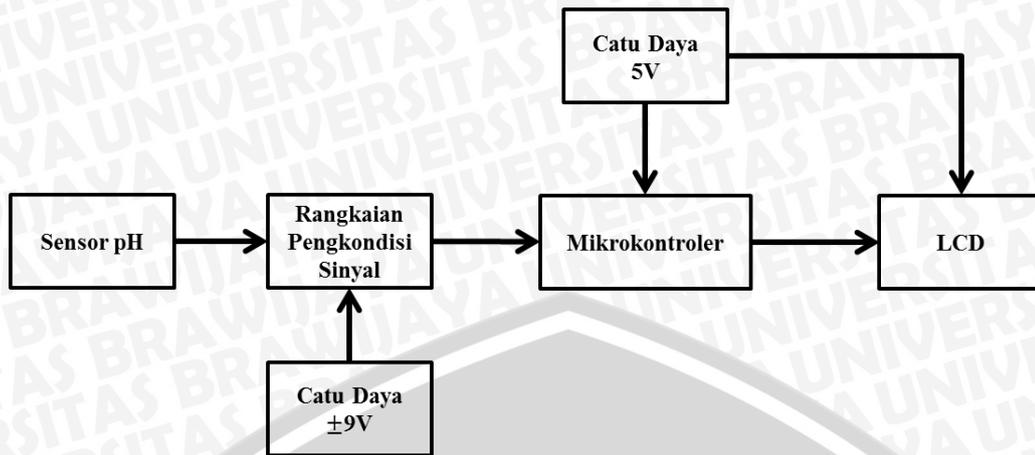
pengujian ini sensor pH diberikan pada Substrat uji coba kemudian diperoleh nilai tegangan dari sensor pH seperti pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil pengujian pembacaan sensor pH

pH	5	6	7	8	9	
Percobaan	1	100/2.63	360/ 1.56	520/ 2.22	480/ 2.16	660/ -2.15
	2	320/1.73	240/ 1.68	680/ 1.83	160/ 2.19	680/ -0.948
	3	120/4.4	260/ 2.53	320/ 1.89	220/ 1.91	420/ -4.48
	4	140/3.84	360/ 2.88	280/ 2.13	160/ 1.49	480/ -0.304
	5	160/1.9	160/ 2.31	460/0.8	180/ 1.19	120/ 1.41
	6	180/1.5	340/ 6.67	280/ 2.05	180/ 1.64	120/-0.5
	7	280/4.23	160/ 2.06	460/ 1.51	380/ 1.56	160/ -2.15
	8	220/4.11	240/ 3.69	680/ 1.48	360/ 2.10	120/ -0.580
	9	180/2.23	280/ 2.08	340/ 1.78	200/ 3.98	220/ -0.560
	10	120/5.26	300/ 2.42	220/ 1.81	380/ 1.56	620/ -2.09
Pk-Pk/ Mean	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	

Dari Tabel 5.3 diperoleh nilai keluaran sensor pH berupa tegangan yang terekam dalam osiloskop. Diketahui bahwa dengan nilai substrat yang semakin tinggi nilai pH memiliki nilai keluaran yang semakin negatif. Dari tabel diatas juga diketahui bahwa dalam percobaan ke sepuluh nilai keluaran mengalami pergeseran. Hal tersebut dikarenakan kondisi substrat yang semakin encer dan mulai bercampur dengan air untuk penetralan sensor pH. Serta dari hasil tersebut di atas diperoleh hasil pengujian dengan perubahan yang signifikan besarnya nilai yang ditunjukkan terjadi pergeseran nilai dengan yang seharusnya sebagai contoh nilai yang ditunjukkan dari puncak-puncak cukup berbeda jauh dengan nilai rata-ratanya hal tersebut dikarenakan adanya gangguan dalam penggunaan sensor dan gangguan saat uji coba berlangsung sehingga tidak diperoleh keluaran yang seharusnya.

Pengujian berikutnya dilakukan dengan cara meminimalisir gangguan saat pembacaan maupun pengambilan data dengan menggunakan substrat pada sensor tanpa sentuhan pada sensor serta mengkondisikan osiloskop dari gangguan sinyal yang cukup dekat seperti sinyal telepon genggam maupun sinyal yang setara. Pada Tabel 5.4 diperoleh hasil pengukuran sensor pH yang telah diberlakukan dengan cara untuk mengurangi gangguan. Pengujian kedua merupakan pengujian pembacaan dengan menggunakan nilai pH yang berubah-ubah. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui karakteristik dari keluaran sensor dan respon sistem terhadap nilai pH yang berubah. Diagram blok pengujian pembacaan sensor dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Diagram blok pengujian pembacaan sensor pH.

Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan menyusun rangkaian seperti Gambar 5.3. Kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan air dengan nilai pH 5-9 secara bergantian. Seperti halnya pengujian sebelumnya untuk nilai pH diperoleh dengan substrat yang memiliki nilai pH tertentu yang dapat diperoleh dari toko kimia. Dari setiap pembacaan sensor ditampilkan dalam osiloskop untuk mengetahui nilai keluaran dari pengkondisi sinyal dan kemudian dengan melakukan percobaan secara berulang, hasil yang diperoleh direkam dalam tabel seperti Tabel 5.4. Dari hasil pada Tabel 5.4 diperoleh hasil pengujian dengan perubahan yang signifikan besarnya nilai yang ditunjukkan terjadi pergeseran nilai dengan yang seharusnya sebagai contoh nilai yang ditunjukkan dari puncak-puncak cukup berbeda jauh dengan nilai rata-ratanya hal tersebut dikarenakan adanya gangguan dalam penggunaan sensor dan gangguan saat uji coba berlangsung sehingga tidak diperoleh keluaran yang seharusnya. Pengujian berikutnya dilakukan dengan cara meminimalisir gangguan saat pembacaan maupun pengambilan data dengan mengenakan substrat pada sensor tanpa sentuhan pada sensor serta mengkondisikan osiloskop dari gangguan sinyal yang cukup dekat seperti sinyal telepon genggam maupun sinyal yang setara.

Hasil pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 menunjukkan bahwa perubahan yang diperoleh hasil yang linier dan hasil yang diperoleh dapat dijadikan acuan pengukuran selanjutnya. Dari hasil Tabel 5.6, nilai keluaran rangkaian pengkondisi sinyal seperti yang dirancang, dengan masukan pada pH 5 sesuai Tabel 5.6, diperoleh keluaran yang mendekati nilai 0V dan pada pH 9 diperoleh nilai keluaran mendekati 5V. Sedangkan Gambar 5.4 merupakan grafik nilai tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal, dari grafik tersebut diperoleh bahwa nilai keluaran tidak linier.

Tabel 5.4 Hasil pengujian pembacaan sensor pH

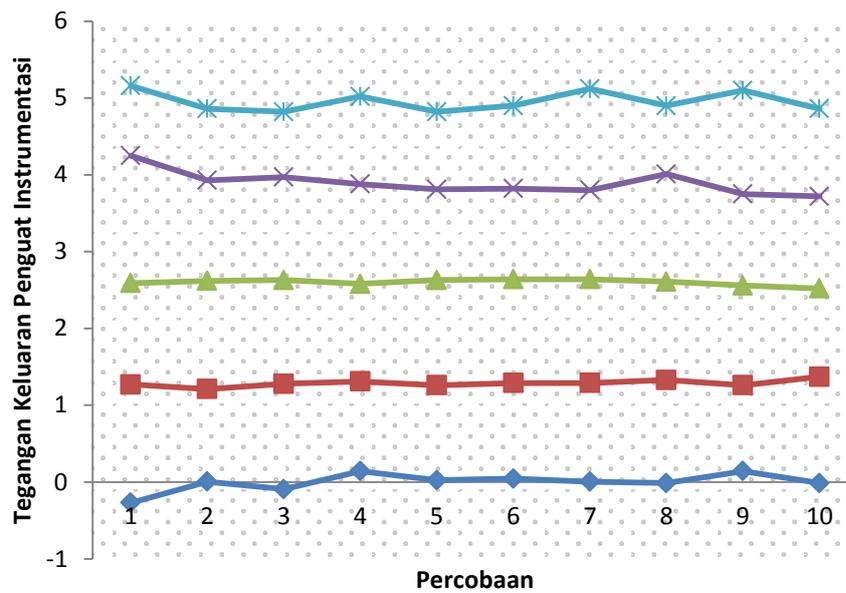
pH	5	6	7	8	9
1	6/1.61	6/0.824	8/0.152	12/ -0.699	12/-1.16
2	6/1.47	6/0.853	6/0.135	10/ -0.533	12/-1.01
3	6/1.52	6/0.819	8/0.132	10/ -0.554	16/ -0.988
4	6/1.40	6/0.804	8/0.157	12/ -0.509	10/-1.09
5	6/1.46	6/0.832	6/0.131	10/ -0.472	12/ -0.986
6	6/1.45	6/0.814	8/0.124	12/ -0.477	8/-1.03
7	8/1.47	6/0.812	6/0.124	8/ -0.465	10/-1.14
8	6/1.48	6/0.792	8/0.138	12/ -0.573	12/-1.03
9	6/1.40	6/0.829	6/0.164	10/ -0.441	10/-1.13
10	6/1.48	6/0.772	8/0.187	12/ -0.427	10/-1.01
Pk-Pk/ Mean	mV	mV	mV	mV	mV

Tabel 5.5 Hasil pengujian pembacaan sensor pH (Penguat Tak Membalik)

pH	5	6	7	8	9
1	61.29	32.95	6.02	-22.95	-43.39
2	58.79	33.11	5.41	-21.32	-40.39
3	60.79	32.75	5.28	-22.16	-40.51
4	57.59	32.15	6.28	-20.36	-43.59
5	58.36	32.27	5.24	-18.88	-40.43
6	57.99	32.55	4.96	-19.08	-41.19
7	58.79	32.47	4.96	-18.64	-42.59
8	59.19	31.67	5.52	-20.92	-41.19
9	57.59	33.15	6.56	-17.64	-42.19
10	59.19	30.87	6.48	-17.08	-40.39
	mV	mV	mV	mV	mV

Tabel 5.6 Hasil pengujian pembacaan sensor pH (Penguat Instrumentasi)

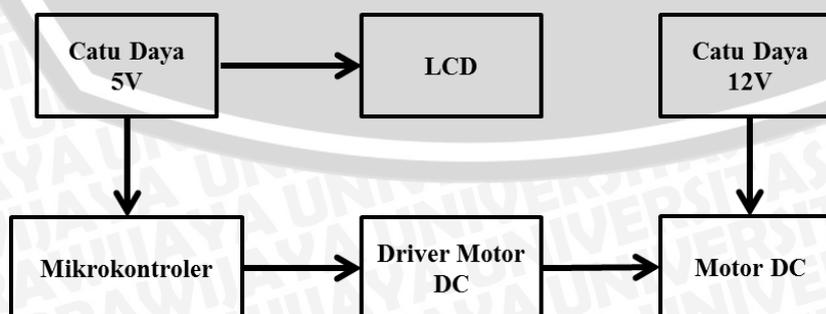
pH	5	6	7	8	9
1	-0.26884	1.27	2.59	4.25	5.16
2	0.00539	1.21	2.62	3.93	4.86
3	-0.09255	1.28	2.63	3.97	4.82
4	0.14251	1.31	2.58	3.88	5.02
5	0.02498	1.26	2.63	3.81	4.82
6	0.04457	1.29	2.64	3.82	4.9
7	0.00539	1.29	2.64	3.8	5.12
8	-0.0142	1.33	2.61	4.01	4.9
9	0.14251	1.26	2.56	3.75	5.1
10	-0.0142	1.37	2.52	3.72	4.86
	V	V	V	V	V



Gambar 5.4 Grafik Tegangan Keluaran Penguat Instrumentasi Sensor pH.

5.3 Pengujian Sistem Mekanik Pembilasan Sensor pH

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem mekanik dapat melakukan penetrulan seperti dalam rancangan. Dalam sistem mekanik digunakan motor sebagai pengangkat sensor pH dan digunakan penyemprot air sebagai penetrul sensor pH. Diagram pengujian sistem mekanik ditunjukkan pada Gambar 5.5. Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan memberikan perintah pada mikrokontroler untuk melakukan pemicuan driver motor DC. Kemudian dilakukan cek pada pergerakan sistem apakah sudah seperti perancangan atau terjadi permasalahan. Dalam sistem kerjanya bagan yang menopang sensor pH digerakkan naik dan turun dengan motor DC yang dipicu kinerjanya melalui mikrokontroler. Dalam aplikasinya sistem mengangkat dan menurunkan sensor pH dilakukan dalam selang waktu tertentu. Hal tersebut dikarenakan dalam sistem ini juga terdapat penetrulan sensor menggunakan penyiraman sensor menggunakan air.



Gambar 5.5 Diagram blok pengujian penetrulan sensor pH.

5.4 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan untuk menguji apakah parameter yang sudah ditentukan dapat diaplikasikan pada alat dan sudah dengan ketentuan yang diinginkan. Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan memberikan nilai suhu dan pH dengan diberikan pergeseran nilai sehingga memicu mikrokontroler untuk memberikan perintah penyalaan sirine. Kemudian pengujian dilakukan dengan pewaktuan untuk memulai penetralan sensor pH, mikrokontroler diberikan perintah dalam selang waktu tertentu guna memicu motor DC untuk melakukan pengangkatan sensor pH yang akan dinetralkan. Dalam pengujian secara keseluruhan juga dilihat apakah pembacaan dalam LCD selama kurun waktu tersebut seperti dalam perancangan atau terjadi kesalahan dalam tampilannya.

Pengujian dilakukan dengan memberikan substrat berupa buffer pH yang memiliki pH antara 5 hingga 9, dan air yang memiliki suhu 25°C hingga 30°C. Pengujian dikenakan pada tiap-tiap bagan uji coba. Saat diberikan pH 5 dan 8 sensor memberikan respon untuk segera memberikan sebuah peringatan, saat suhu tepat dibawah 25°C dan diatas 30°C maka sensor suhu juga memberikan respon untuk menyalakan sirine sebagai tanda peringatan. Bagan yang berfungsi untuk melakukan penetralan berfungsi sebagaimana sensor diangkat oleh motor DC kemudian disemprot dengan air untuk dinetralkan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

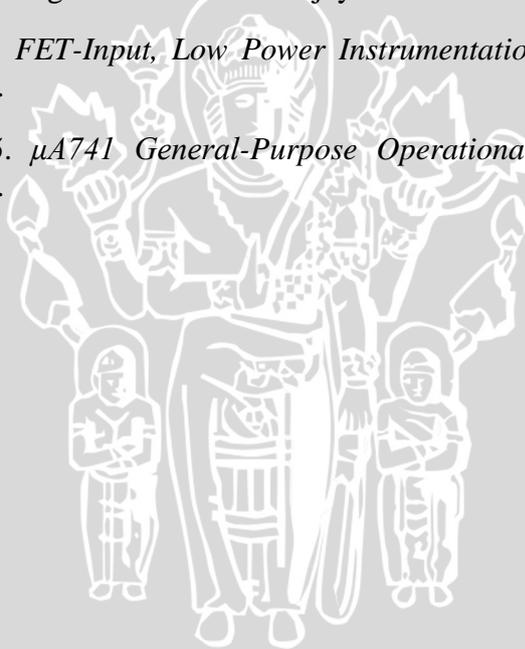
- a. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa sensor mampu bekerja dalam kondisi yang ditentukan, untuk sensor pH memiliki respon yang linier terhadap keluaran. Saat dilakukan pembacaan pada pH 5 hingga 9 diperoleh bahwa sistem memberikan nilai pembacaan pH dengan rentang nilai 5 hingga 9 dan memberikan respon ketika pH tidak mencapai 6 hingga 8.
- b. Sensor suhu bekerja dengan ketentuan yang diberikan, sensor suhu melakukan pembacaan pada suhu 15°C hingga 30°C dengan pembacaan yang sama seperti pembacaan pada termometer. Saat diberikan suhu diluar jarak 15°C hingga 30°C, sensor memberikan respon untuk meberikan peringatan.

6.2 Saran

Perancangan dan pembuatan alat ini masih memiliki banyak kekurangan. Diperlukan kajian lebih lanjut tentang pengambilan nilai suhu dan pH pada substrat sehingga diperoleh nilai yang homogen untuk keseluruhan sistem. Pengujian diharapkan dilakukan pada kondisi kolam sebenarnya. Serta perlunya ditambahkan sistem kontrol guna memberikan peningkatan mutu hidup benih ikan mas.

DAFTAR PUSTAKA

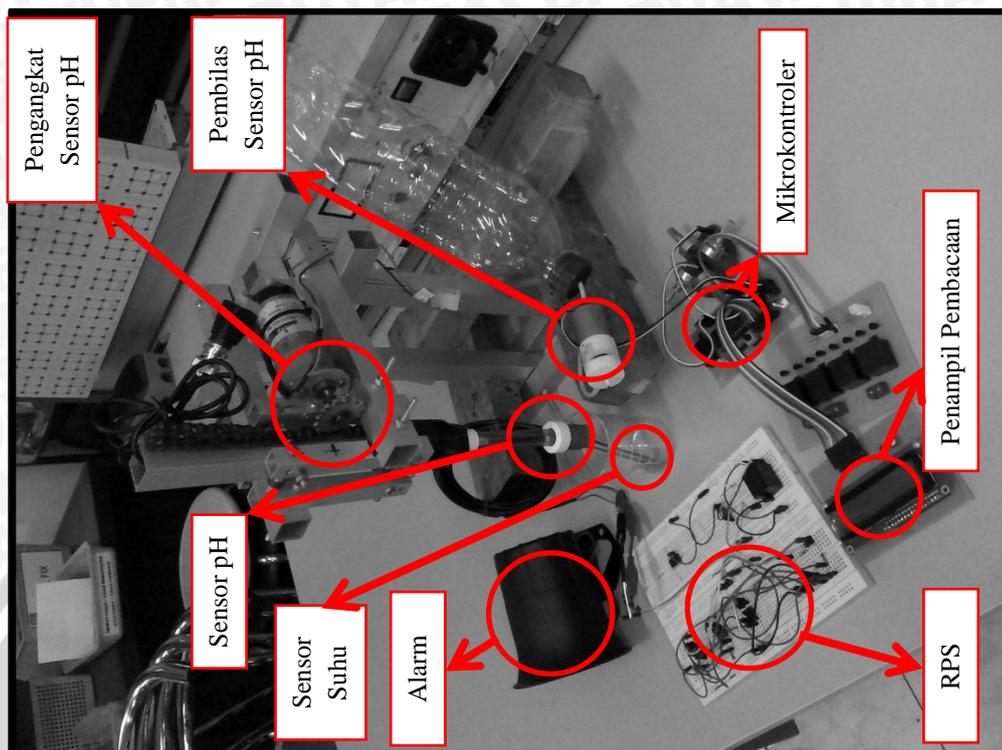
- Aldaka, Ranu A. 2013. Sistem Otomatisasi Pengkondisian Suhu, pH dan Kejernihan Air Kolam Pada Pembudidayaan Ikan Patin. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- ATMEL. 2010. *8-bit Microcontroller with 16K Byte In-System Programmable FlashMode*. San Jose: ATMEL.
- Cahyono, Bambang. 2001. *Budidaya Ikan di Perairan Umum*. Yogyakarta: Kanisius.
- Kurniawan, Rizaldy Rakhmad. 2012. *Pengaruh Tanaman Air yang Berbeda terhadap Penurunan Kadar Ammonia, Pertumbuhan dan Kelulusan Hidup Benih Ikan Mas (Cyprinus carpio)*. Malang: Universitas Brawijaya.
- N. Zonneveld. 1991. *Prinsip-Prinsip Budidaya Ikan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Putri, Tri Wahyu Oktaviana. 2014. Pengendalian Suhu Pada Sistem Pasteurisasi Telur Cair Berbasis PLC (*Programmable Logic Controller*) Siemens Simatic S7-200 dan HMI Simatic HMI Panel (*Human Machine Interface*). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Texas Instruments. 2009. *FET-Input, Low Power Instrumentation Amplifiers*. Dallas: Texas Instruments.
- Texas Instruments. 2015. *μA741 General-Purpose Operational Amplifiers*. Dallas: Texas Instruments.



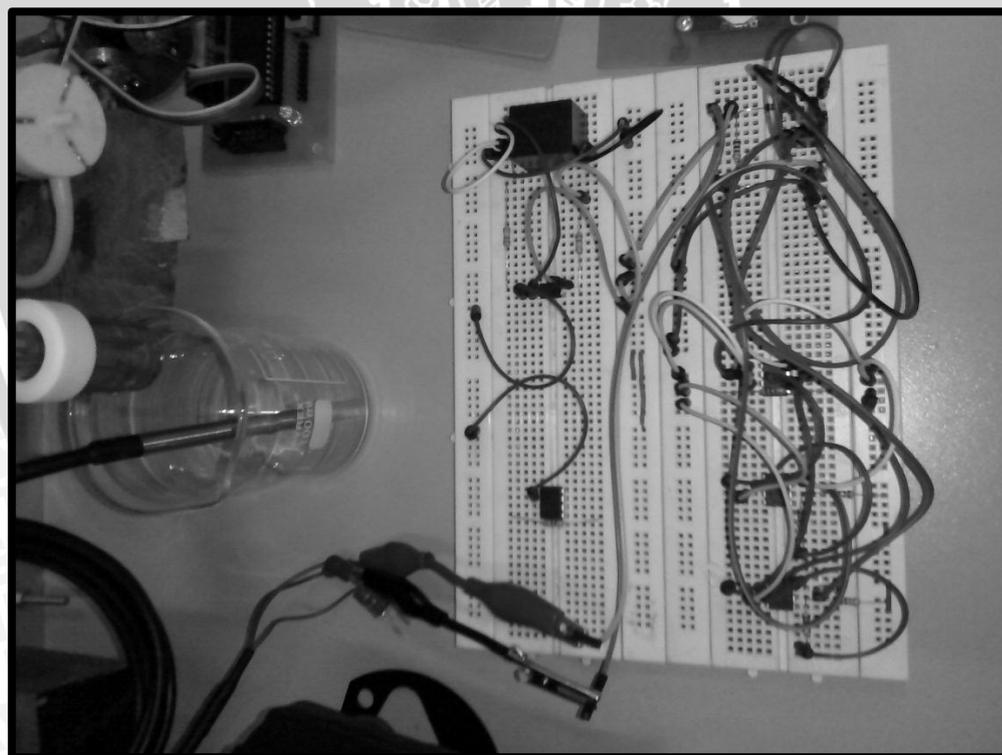
LAMPIRAN



Lampiran 1. Dokumentasi Alat



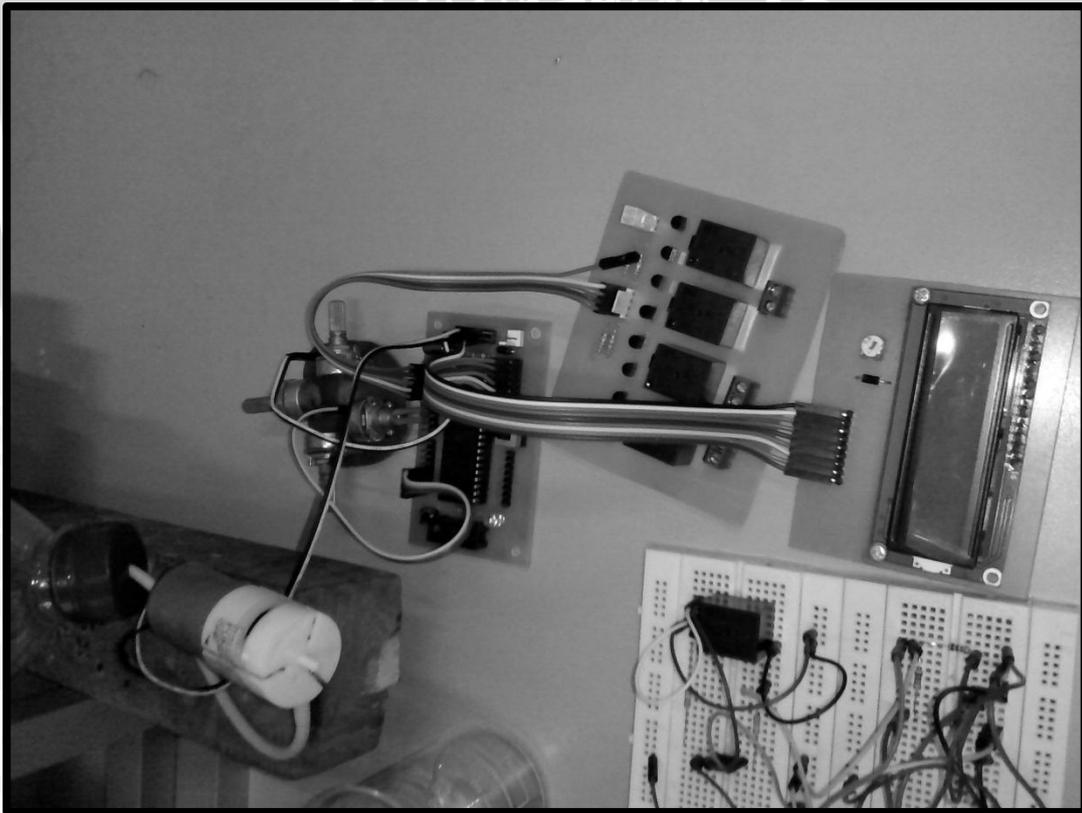
Gambar 1. Foto Keseluruhan Alat



Gambar 2. Rangkaian Pengondisi Sinyal

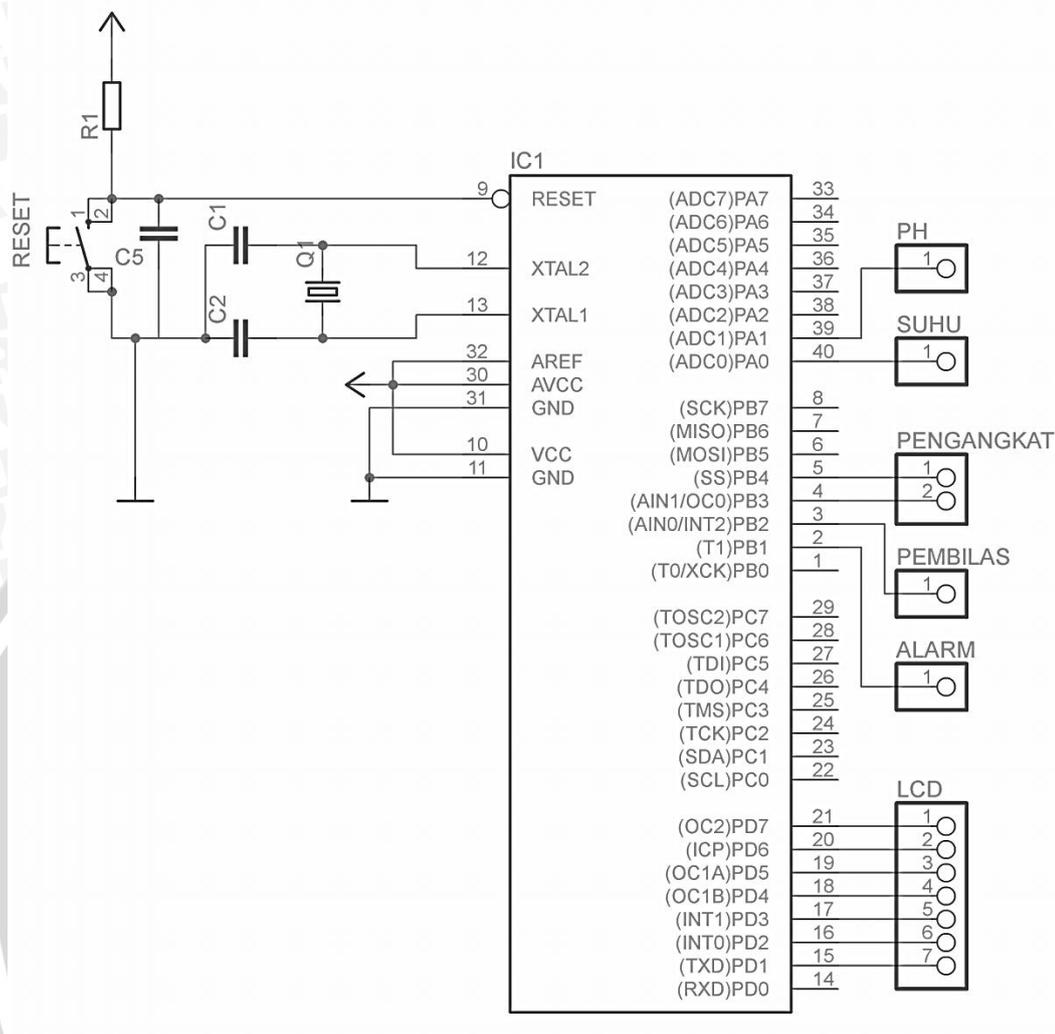


Gambar 3. Alarm dan sensor pH

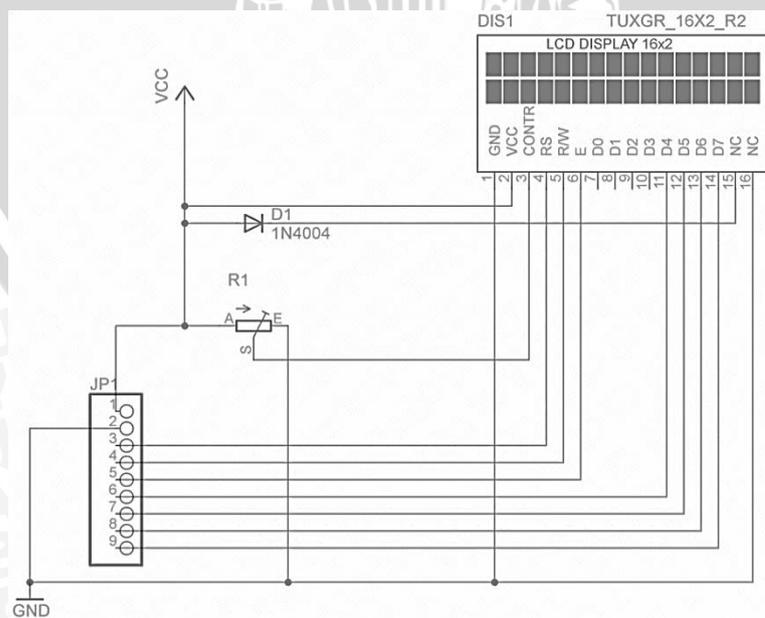


Gambar 4. Penampil hasil pembacaan dan pembilas sensor pH

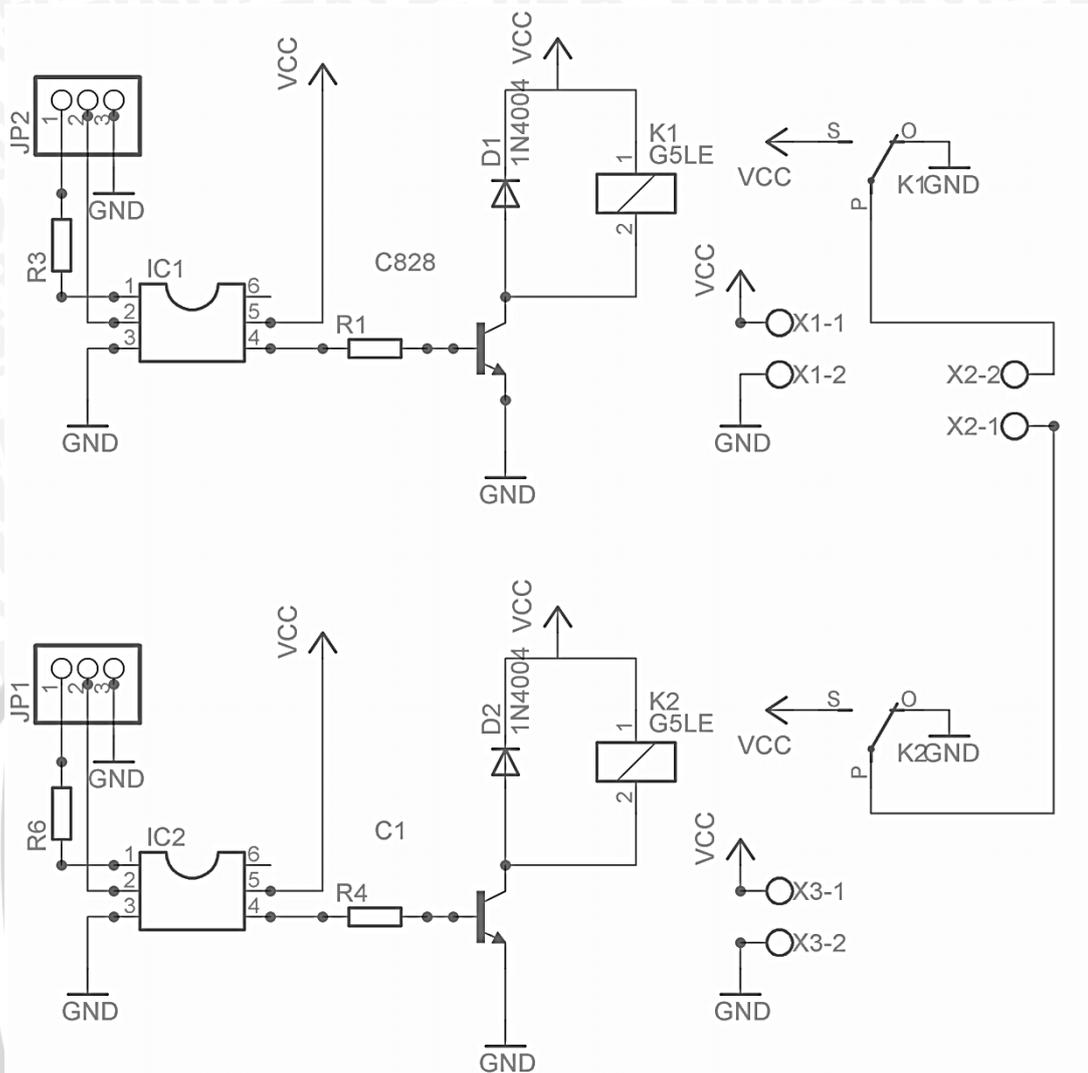
Lampiran 2. Rangkaian Keseluruhan



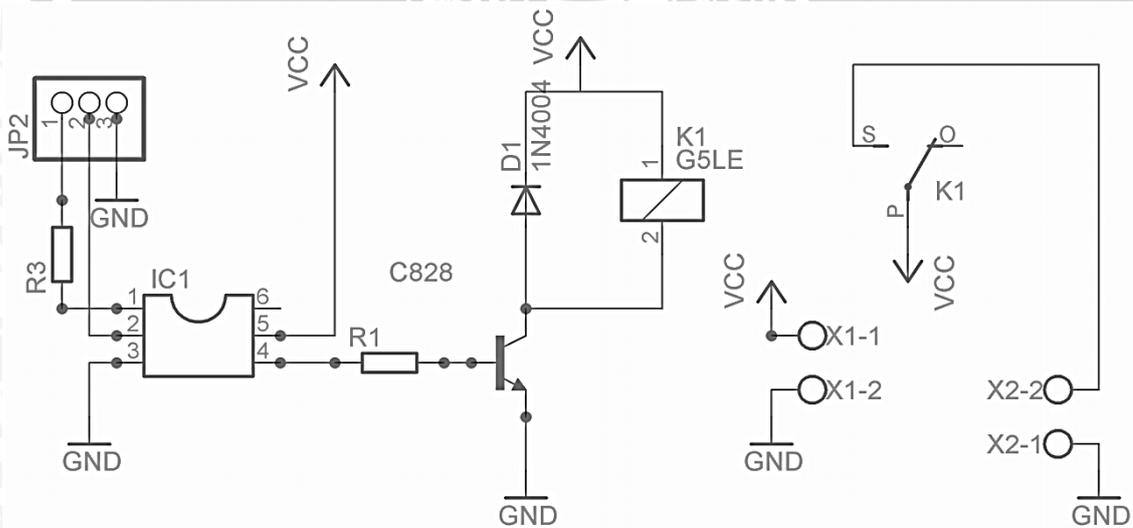
Gambar 1. Rangkaian Mikrokontroler



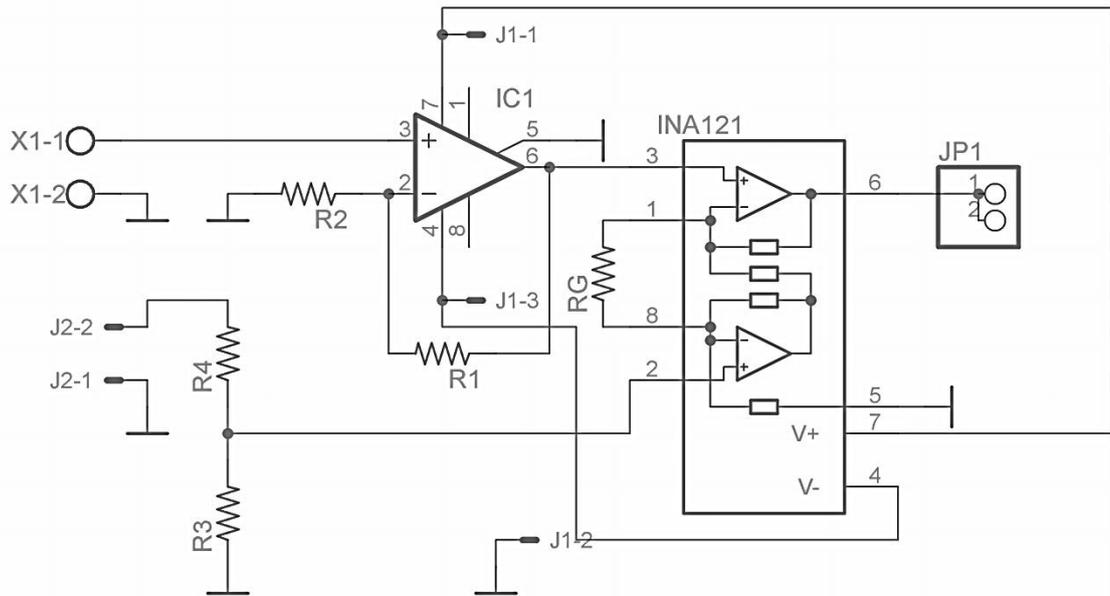
Gambar 2. Rangkaian LCD



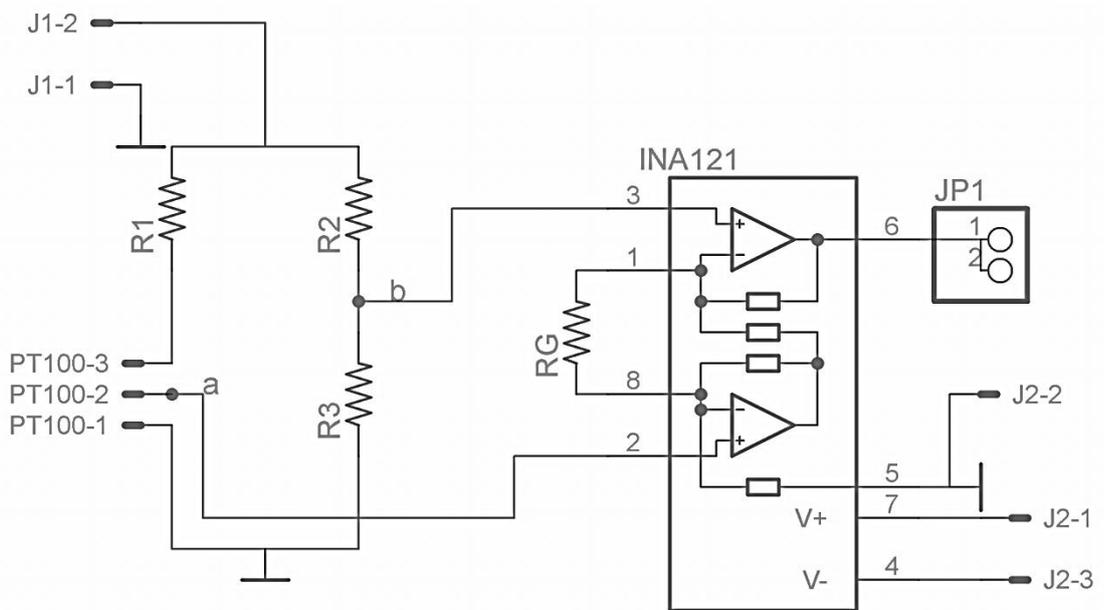
Gambar 3. Rangkaian Relay dengan hubungan H-Brigde



Gambar 4. Rangkaian Relay untuk mengaktifkan sirine dan motor pembilas



Gambar 5. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor pH



Gambar 6. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

Lampiran 3. Runtut Program

```

#include <mega16.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <alcd.h>
#include <delay.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0x40

// DEKLARASI VARIABEL
int suhu;
char temp[8];
float derajat_suhu;
int ph;
char tpH[8];
float kadar_ph;
float baca, baca_suhu, baca_ph;
float rata_suhu, rata_ph;
#define motor_ph()
// SUB-PROGRAM PEMBILAS SENSOR PH
interrupt [TIM1_OVF] void
timer1_ovf_isr(void)
{
    // INISIALISASI Nilai Timer1
    TCNT1H=0xDA08 >> 8;
    TCNT1L=0xDA08 & 0xff;
    PORTB.3= 1;
    delay_ms(1000);
    PORTB.3= 0;
    PORTB.1= 1;
    delay_ms(500);
    PORTB.1= 0;
    PORTB.2= 1;
    delay_ms(1000);
    PORTB.2= 0;
}

// SUB-PROGRAM PENGUBAHAN NILAI
PEMBACAAN KE ADC
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE
    & 0xff);
    delay_us(10);
    ADCSRA|=0x40;
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}

void main(void)
{
    // INISIALISASI ADC
    ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
    ADCSRA=0x84;

    // INISIALISASI LCD
    lcd_init(16);
    #asm("sei")
    PORTB = 0x00;
    DDRB = 0xFF;

    // INISIALISASI TIMER
    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x05;
    TCNT1H=0xFF;
    TCNT1L=0x94;
    ICR1H=0x00;
    ICR1L=0x00;
    OCR1AH=0x00;
    OCR1AL=0x00;
    OCR1BH=0x00;
    OCR1BL=0x00;

    //INISIALISASI PROGRAM RATA-RATA
    PEMBACAAN ADC
    baca = 0;
    baca_suhu = 0;
    baca_ph = 0;

```

```

while (1)
{
    lcd_clear();

    suhu = read_adc(0);
    // Rumus untuk menghitung nilai suhu
    derajat_suhu =
    (float)(((suhu*4.995)/(1023*33.068)-
    0.141)/(0.385*0.00258));
    // Menjumlahkan nilai suhu ke dalam variabel
    baca_suhu
    baca_suhu = baca_suhu + derajat_suhu;

    ph = read_adc(1);
    // Rumus untuk menghitung nilai pH
    kadar_ph = (float)(((ph*4.995)/(1023*1951.48)-
    58.56)/0.002);
    // Menjumlahkan nilai pH ke dalam variabel
    baca_ph
    baca_ph = baca_ph + kadar_ph;

    delay_ms(20);

    if(baca==100)
    {
        rata_suhu = baca_suhu/100;
        rata_ph = baca_ph/100;
        delay_ms(100);

        // TAMPILAN LCD
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("Suhu= ");
        ftoa(derajat_suhu,1,temp);
        lcd_gotoxy(9,0);
        lcd_puts(temp);

        lcd_gotoxy(14,0);
        lcd_putchar(0xdf);// MENAMPILKAN
        KARAKTER DERAJAT
        lcd_putsf("C");
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_putsf("pH = ");
        ftoa(kadar_ph,4,tpH);
        lcd_gotoxy(9,1);
        lcd_puts(tpH);
        delay_ms(100);

        // INISIALISASI AWAL PROGRAM RATA-
        RATA
        baca = 0;
        baca_suhu = 0;
        baca_ph = 0;
        delay_ms(1000);

        // SUB-PROGRAM PENYALAN SIRINE
        if (derajat_suhu <=20 || derajat_suhu
        >=30 || kadar_ph <= 6 || kadar_ph >= 8)
        {
            PORTB.0 =1;
        }
        else
        {
            PORTB.0 =0;
        };
    }
}

```


ATmega16(L)

Port B (PB7_PB0)	Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.
Port C (PC7_PC0)	Port C also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 58. Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC<7(TDI)>, PC<3(TMS)> and PC<2(TCK)> will be activated even if a reset occurs. Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega16 as listed on page 61.
Port D (PD7_PD0)	Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.
RESET	Port D also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 63. Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 38. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.
XTAL1	Input to the Inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the Inverting Oscillator amplifier.
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to Vcc, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to Vcc through a low-pass filter.
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.



1467-AVR-0710

5

ATmega16(L)

The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega16 provides the following features: 16 Kbytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 1 Kbyte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-Scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire Interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and Interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Amel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega16 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega16 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debuggers/simulators, In-circuit emulators, and evaluation kits.

Pin Descriptions	
VCC	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7_PA0)	Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.



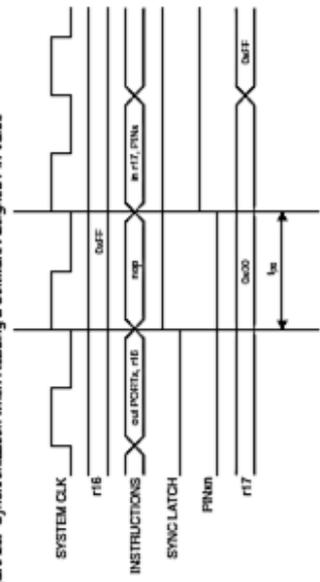
1467-AVR-0710

4

ATmega16(L)

When reading back a software assigned pin value, a `noop` instruction must be inserted as indicated in Figure 25. The `out PORTx, r16` signal at the positive edge of the clock. In this case, the delay t_{pd} through the synchronizer is one system clock period.

Figure 25. Synchronization when Reading a Software Assigned Pin Value



ATmega16(L)

Switching between input with pull-up and output low generalises the same problem. The user must use either the tri-state (`DDxn, PORTxn = 0b00`) or the output high state (`DDxn, PORTxn = 0b11`) as an intermediate step.

Table 20 summarizes the control signals for the pin value.

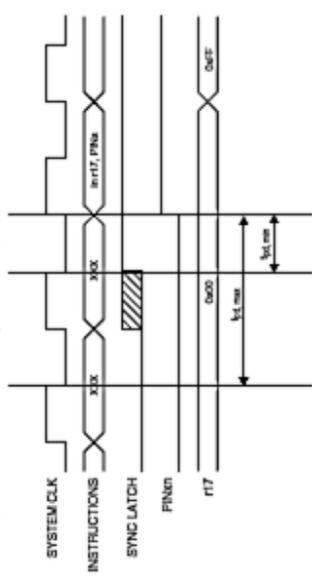
Table 20. Port Pin Configurations

DDxn	PORTxn	PUD (Pin ZNOR)	I/O	Pull-Up	Comment
0	0	X	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
0	1	0	Input	Yes	Pin will source current if ext. pulled low.
0	1	1	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
1	0	X	Output	No	Output Low (Sink)
1	1	X	Output	No	Output High (Source)

Reading the Pin Value

Independent of the setting of Data Direction bit `DDxn`, the port pin can be read through the `PINm` Register bit. As shown in Figure 23, the `PINm` Register bit and the preceding latch constitute a synchronizer. This is needed to avoid metastability if the physical pin changes value near the edge of the internal clock, but it also introduces a delay. Figure 24 shows a timing diagram of the synchronization when reading an externally applied pin value. The maximum and minimum propagation delays are denoted $t_{pd,max}$ and $t_{pd,min}$ respectively.

Figure 24. Synchronization when Reading an Externally Applied Pin Value

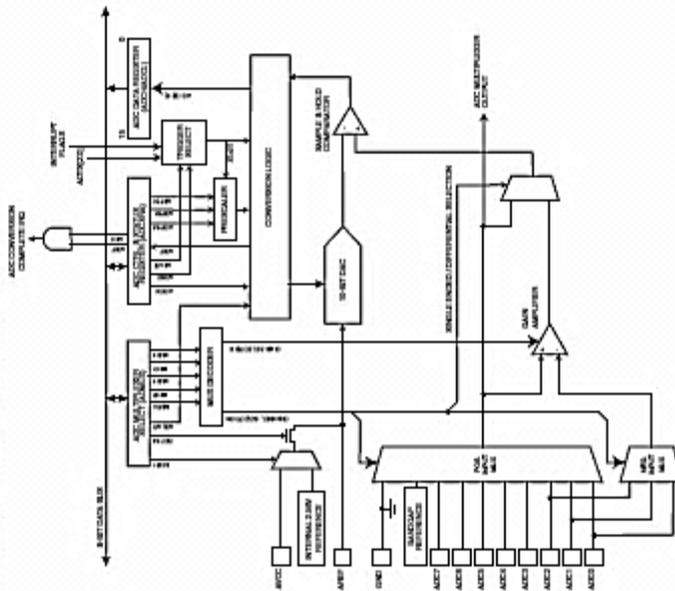


Consider the clock period starting shortly after the first falling edge of the system clock. The latch is closed when the clock is low, and opens transiently when the clock is high, as indicated by the shaded region of the "SYNC LATCH" signal. The signal value is latched when the system clock goes low. It is clocked into the `PINm` Register at the succeeding positive clock edge. As indicated by the two arrows $t_{pd,max}$ and $t_{pd,min}$, a single signal transition on the pin will be delayed between $\frac{1}{2}$ and $1\frac{1}{2}$ system clock period depending upon the time of assertion.



ATmega16(L)

Figure 98. Analog to Digital Converter Block Schematic



Operation

The ADC converts an analog input voltage to a 10-bit digital value through successive approximation. The minimum value represents GND and the maximum value represents the voltage on the AREF pin minus 1 LSB. Optionally, AVCC or an internal 2.56V reference voltage may be connected to the AREF pin by wiring to the REFSM bits in the ADMUX Register. The internal voltage reference may thus be decoupled by an external capacitor at the AREF pin to improve noise immunity.

The analog input channel and differential gain are selected by writing to the MUX bits in ADMUX. Any of the ADC input pins, as well as GND and a fixed analog voltage reference, can be selected as single ended inputs to the ADC. A selection of ADC input pins can be selected as positive and negative inputs to the differential gain amplifier. If differential channels are selected, the differential gain stage amplifies the voltage difference between the selected input channel pair by the selected gain factor. This amplified value then

ATmega16(L)

Analog to Digital Converter

Features

- 10-bit Resolution
- 6.1LSB Integral Non-Linearity
- 52 LSB Absolute Accuracy
- 19 μ s - 280 μ s Conversion Time
- Up to 16 kSPS at Maximum Resolution
- 8 Multiplexed Single Ended Input Channels
- 7 Differential Input Channels
- 2 Differential Input Channels with Optional Gain of 10x and 200x
- Optional Left Adjustment for ADC Result Readout
- 0 - V_{CC} ADC Input Voltage Range
- Selectable 2.56V ADC Reference Voltage
- Free Running or Single Conversion Mode
- ADC Start Conversion by Auto Triggering on Interrupt Sources
- Interrupt on ADC Conversion Complete
- Sleep Mode Noise Canceler

The ATmega16 features a 10-bit successive approximation ADC. The ADC is connected to an 8-channel Analog Multiplexer which allows 8 single-ended voltage inputs constructed from the pins of Port A. The single-ended voltage inputs refer to 0V (GND).

The device also supports 16 differential voltage input combinations. Two of the differential inputs (ADC1, ADC0 and ADC3, ADC2) are equipped with a programmable gain stage, providing amplification steps of 0 dB (1x), 20 dB (10x), or 46 dB (200x) on the differential input voltage before the AD conversion. Seven differential analog input channels share a common negative terminal (ADC1), while any other ADC input can be selected as the positive input terminal. If 1x or 10x gain is used, 8-bit resolution can be expected. If 200x gain is used, 7-bit resolution can be expected.

The ADC contains a Sample and Hold circuit which ensures that the input voltage to the ADC is held at a constant level during conversion. A block diagram of the ADC is shown in Figure 98.

The ADC has a separate analog supply voltage pin, AVCC. AVCC must not differ more than $\pm 0.3V$ from V_{CC} . See the paragraph "ADC Noise Canceler" on page 211 on how to connect this pin.

Internal reference voltages of nominally 2.56V or AVCC are provided On-chip. The voltage reference may be externally decoupled at the AREF pin by a capacitor for better noise performance.



ATmega16(L)

After the conversion is complete (ADIF is high), the conversion result can be found in the ADC Result Registers (ADCL, ADCH).

For single ended conversion, the result is

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}}$$

where V_{IN} is the voltage on the selected input pin and V_{REF} the selected voltage reference (see Table 83 on page 217 and Table 84 on page 218). 0x000 represents ground, and 0x0FF represents the selected reference voltage minus one LSB.

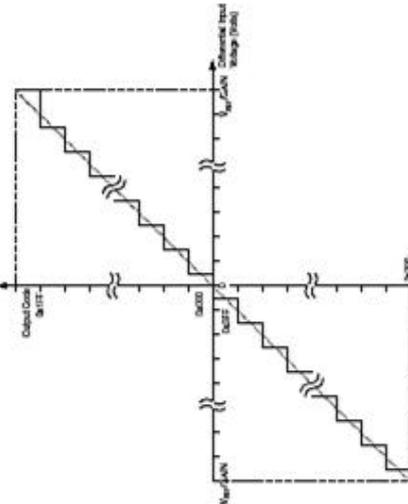
If differential channels are used, the result is

$$ADC = \frac{(V_{AD0n} - V_{AD0n}) \cdot GAIN \cdot 512}{V_{REF}}$$

where V_{POS} is the voltage on the positive input pin, V_{NEG} the voltage on the negative input pin, GAIN the selected gain factor, and V_{REF} the selected voltage reference. The result is presented in two's complement form, from 0x000 (-512n) through 0x100 (+512n). Note that if the user wants to perform a quick polarity check of the results, it is sufficient to read the MSB of the result (AD0n in ADCH). If this bit is one, the result is negative, and if this bit is zero, the result is positive. Figure 111 shows the decoding of the differential input range.

Table 82 shows the resulting output codes if the differential input channel pair (AD0n - AD0m) is selected with a gain of GAIN and a reference voltage of V_{REF} .

Figure 111. Differential Measurement Range



ATmega16(L)

becomes the analog input to the ADC. If single ended channels are used, the gain amplifier is bypassed altogether.

The ADC is enabled by setting the ADC Enable bit, ADEN in ADCSRA. Voltage reference and input channel selections will not go into effect until ADEN is set. The ADC does not consume power when ADEN is cleared, so it is recommended to switch off the ADC before entering power saving sleep modes.

The ADC generates a 10-bit result which is presented in the ADC Data Registers, ADCH and ADCL. By default, the result is presented right adjusted, but can optionally be presented left adjusted by setting the ADLAR bit in ADMUX.

If the result is left adjusted and no more than 8-bit precision is required, it is sufficient to read ADCH. Otherwise, ADCL must be read first, then ADCH, to ensure that the content of the Data Registers belongs to the same conversion. Once ADCL is read, ADC access to Data Registers is blocked. This means that if ADCL has been read, and a conversion completes before ADCH is read, neither register is updated and the result from the conversion is lost. When ADCH is read, ADC access to the ADCH and ADCL Registers is re-enabled.

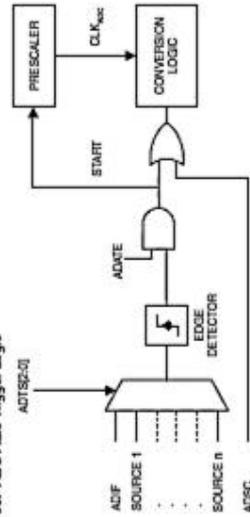
The ADC has its own interrupt which can be triggered when a conversion completes. When ADC access to the Data Registers is prohibited between reading of ADCH and ADCL, the interrupt will trigger even if the result is lost.

Starting a Conversion

A single conversion is started by writing a logical one to the ADC Start Conversion bit, ADSC. This bit stays high as long as the conversion is in progress and will be cleared by hardware when the conversion is completed. If a different data channel is selected while a conversion is in progress, the ADC will finish the current conversion before performing the channel change.

Alternatively, a conversion can be triggered automatically by various sources. Auto Triggering is enabled by setting the ADC Auto Trigger Enable bit, ADIF in ADCSRA. The trigger source is selected by setting the ADC Trigger Select bits, ADIF in SFOR (see description of the ADIF bits for a list of the trigger sources). When a positive edge occurs on the selected trigger signal, the ADC prescaler is reset and a conversion is started. This provides a method of starting conversions at fixed intervals. If the trigger signal still is set when the conversion completes, a new conversion will not be started. If another positive edge occurs on the trigger signal during conversion, the edge will be ignored. Note that an interrupt flag will be set even if the specific interrupt is disabled or the global interrupt enable bit in SREG is cleared. A conversion can thus be triggered without causing an interrupt. However, the interrupt flag must be cleared in order to trigger a new conversion at the next interrupt event.

Figure 99. ADC Auto Trigger Logic



ATmega16(L)

stions. For a complete description of this bit, see "The ADC Data Register—ADCL and ADCH" on page 220.

- Bits 4:0 — MUX4:0: Analog Channel and Gain Selection Bits

The value of these bits selects which combination of analog inputs are connected to the ADC. These bits also select the gain for the differential channels. See Table 84 for details. If these bits are changed during a conversion, the change will not go in effect until this conversion is complete (ADIF in ADCSRA is set).

Table 84. Input Channel and Gain Selections

MUX4:0	Single Ended Input	Positive Differential Input	Negative Differential Input	Gain
00000	ADC0			
00001	ADC1			
00010	ADC2			
00011	ADC3	N/A		
00100	ADC4			
00101	ADC5			
00110	ADC6			
00111	ADC7			
01000		ADC0	ADC0	10x
01001		ADC1	ADC0	10x
01010		ADC0	ADC0	20x
01011		ADC1	ADC0	20x
01100		ADC2	ADC2	10x
01101		ADC3	ADC2	10x
01110		ADC2	ADC2	20x
01111		ADC3	ADC2	20x
10000		ADC0	ADC1	1x
10001		ADC1	ADC1	1x
10010	N/A	ADC2	ADC1	1x
10011		ADC3	ADC1	1x
10100		ADC4	ADC1	1x
10101		ADC5	ADC1	1x
10110		ADC6	ADC1	1x
10111		ADC7	ADC1	1x
11000		ADC0	ADC2	1x
11001		ADC1	ADC2	1x
11010		ADC2	ADC2	1x
11011		ADC3	ADC2	1x
11100		ADC4	ADC2	1x



ATmega16(L)

Table 82. Correlation between Input Voltage and Output Codes

V _{IN} (code)	Read code	Corresponding Decimal Value
V _{ADCON} + V _{REFP} /GAIN	Dx1FF	511
V _{ADCON} + 511/512 V _{REFP} /GAIN	Dx1FE	510
V _{ADCON} + 510/512 V _{REFP} /GAIN	Dx1FD	509
...
V _{ADCON} + 1/512 V _{REFP} /GAIN	Dx001	1
V _{ADCON}	Dx000	0
V _{ADCON} - 1/512 V _{REFP} /GAIN	Dx2FF	-1
...
V _{ADCON} - 511/512 V _{REFP} /GAIN	Dx201	-511
V _{ADCON} - V _{REFP} /GAIN	Dx200	-512

Example:

ADMUX = 0x0D (ADC3, 10x gain, 2.56V reference, left adjusted result)

Voltage on ADC3 is 300 mV, voltage on ADC2 is 500 mV.

ADCR = 512 x 10 x (300 - 500) / 2560 = -400 = 0x270

ADCL will thus read 0x00, and ADCH will read 0x27. Writing zero to ADLAR (right adjust) the result: ADCL = 0x70, ADCH = 0x02.

ADC Multiplexer Selection Register — ADMUX



- Bit 7:0 — REFS1:0: Reference Selection Bits

These bits select the voltage reference for the ADC, as shown in Table 83. If these bits are changed during a conversion, the change will not go in effect until this conversion is complete (ADIF in ADCSRA is set). The internal voltage reference options may not be used if an external reference voltage is being applied to the AREF pin.

Table 83. Voltage Reference Selections for ADC

REFS1	REFS0	Voltage Reference Selection
0	0	AREF, Internal Vref turned off
0	1	A/0CC with external capacitor at AREF pin
1	0	Reserved
1	1	Internal 2.56V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin

- Bit 5 — ADLAR: ADC Left Adjust Result

The ADLAR bit affects the presentation of the ADC conversion result in the ADC Data Register. Writing one to ADLAR to left adjust the result. Otherwise, the result is right adjusted. Changing the ADLAR bit will affect the ADC Data Register immediately, regardless of any ongoing conver-



ATmega16(L)

Table 85. ADC Prescaler Selections

ADP32	ADP31	ADP30	Division Factor
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	15
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

The ADC Data Register – ADCL and ADCH

ADLAR = 0

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

ADLAR = 1

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

When an ADC conversion is complete, the result is found in these two registers. If differential channels are used, the result is presented in two's complement form.

When ADCL is read, the ADC Data Register is not updated until ADCH is read. Consequently, if the result is left adjusted and no more than 8-bit precision is required, it is sufficient to read ADCH. Otherwise, ADCL must be read first, then ADCH.

The ADLAR bit in ADMUX, and the MUXn bits in ADMUX affect the way the result is read from the registers. If ADLAR is set, the result is left adjusted. If ADLAR is cleared (default), the result is right adjusted.

- ADC3:0: ADC Conversion Result

These bits represent the result from the conversion, as detailed in "ADC Conversion Result" on page 216.



ATmega16(L)

Table 84. Input Channel and Gain Selections (Continued)

MUX4_0	Single Ended Input	Positive Differential Input	Negative Differential Input	Gain
11101	ADCS	ADCS	ADCC2	1x
11110	1.25V (V _{ref})	N/A		
11111	0 V (GND)			

ADC Control and Status Register A – ADCSRA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Read/Write	R/W							
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

• Bit 7 – ADIF: ADC Enable
Writing this bit to one enables the ADC. By writing it to zero, the ADC is turned off. Turning the ADC off while a conversion is in progress, will terminate this conversion.

• Bit 6 – ADSC: ADC Start Conversion
In Single Conversion mode, write this bit to one to start each conversion. In Free Running Mode, write this bit to one to start the first conversion. The first conversion after ADSC has been written after the ADC has been enabled, or if ADSC is written at the same time as the ADC is enabled, will take 25 ADC clock cycles instead of the normal 13. This first conversion performs initialization of the ADC.
ADSC will read as one as long as a conversion is in progress. When the conversion is complete, it returns to zero. Writing zero to this bit has no effect.

• Bit 5 – ADIF: ADC Auto Trigger Enable
When this bit is written to one, Auto Triggering of the ADC is enabled. The ADC will start a conversion on a positive edge of the selected trigger signal. The trigger source is selected by setting the ADC Trigger Select bits, ADIFSC in SIFOR.

• Bit 4 – ADIF: ADC Interrupt Flag
This bit is set when an ADC conversion completes and the Data Registers are updated. The ADC Conversion Complete Interrupt is executed if the ADIF bit and the H-bit in SREG are set. ADIF is cleared by hardware when executing the corresponding interrupt handling vector. Alternatively, ADIF is cleared by writing a logical one to the flag. Beware that if doing a Read-Modify-Write on ADCSRA, a pending interrupt can be disabled. This also applies if the SBI and CBI instructions are used.

• Bit 3 – ADIE: ADC Interrupt Enable
When this bit is written to one and the H-bit in SREG is set, the ADC Conversion Complete Interrupt is activated.

• Bits 2:0 – ADPS2:0: ADC Prescaler Select Bits
These bits delineate the division factor between the XTAL frequency and the input clock to the ADC.



APPLICATION INFORMATION

Figure 1 shows the basic connections required for operation of the INA121. Applications with noisy or high impedance power supplies may require decoupling capacitors close to the device pins as shown.

The output is referred to the output reference (REF) terminal which is normally grounded. This must be a low-impedance connection to assure good common-mode rejection. A resistance of 8Ω in series with the REF pin will cause a typical device to degrade to approximately 8dB CMR ($G = 1$).

SETTING THE GAIN

Gain of the INA121 is set by connecting a single external resistor, R_G , connected between pins 1 and 8:

$$G = 1 + \frac{50k\Omega}{R_G} \quad (1)$$

Commonly used gains and resistor values are shown in Figure 1.

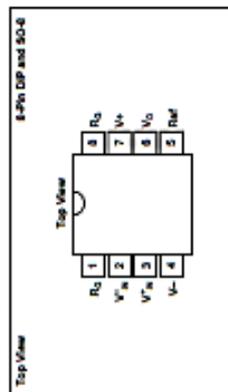
The 50kΩ term in Equation 1 comes from the sum of the two internal feedback resistors of A_1 and A_2 . These on-chip metal film resistors are laser trimmed to accurate absolute values. The accuracy and temperature coefficient of these resistors are included in the gain accuracy and drift specifications of the INA121.

The stability and temperature drift of the external gain setting resistor, R_G , also affects gain. R_G 's contribution to gain accuracy and drift can be directly inferred from the gain equation (1). Low resistor values required for high gain can make wiring resistance important. Sockets add to the wiring resistance which will contribute additional gain error (possibly an unstable gain error) in gain of approximately 100 or greater.

DYNAMIC PERFORMANCE

The typical performance curve "Gain vs Frequency" shows that, despite its low quiescent current, the INA121 achieves wide bandwidth, even at high gain. This is due to the current-feedback topology of the INA121. Settling time also remains excellent at high gain.

PIN CONFIGURATION



ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY

This integrated circuit can be damaged by ESD. Burr-Brown recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parameter changes could cause the device not to meet its published specifications.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS(1)

Supply Voltage	+10V
Input Voltage Range	+5V
Output Short-Circuit to Ground	Continuous
Operating Temperature	-20°C to +125°C
Storage Temperature	-25°C to +125°C
Junction Temperature	+125°C
Lead Temperature (soldering, 100)	+300°C
Lead Temperature (reflow)	+260°C

NOTE: (1) Stresses above these ratings may cause permanent damage. Exposure to absolute maximum conditions for extended periods may degrade device reliability.

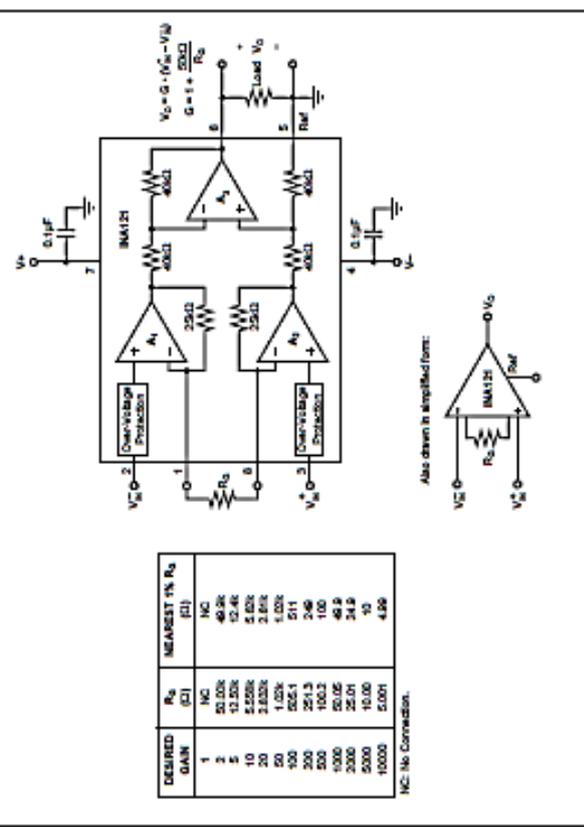


FIGURE 1. Basic Connections.

PACKAGE/ORDERING INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER(1)	SPECIFIED TEMPERATURE RANGE	PACKAGE MARKING	ORDERING NUMBER(2)	TRANSPORT MEDIA
Single						
INA121P	8-Pin DIP	008	-40°C to +85°C	INA121P	INA121P	Reel
INA121PA	8-Pin DIP	008	-40°C to +85°C	INA121PA	INA121PA	Reel
INA121U	SO-8 Surface Mount	102	-40°C to +85°C	INA121U	INA121U	Reel
INA121UA	SO-8 Surface Mount	102	-40°C to +85°C	INA121UA	INA121UA	Tape and Reel
					INA121UA025	Tape and Reel

NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, please see end of data sheet, or Appendix C of Burr-Brown IC Data Book. (2) Module with a blank (0) are available only in Tape and Reel in the quantities indicated (e.g., 2025 includes 2500 devices per reel). Ordering 100 pieces of "INA121U025" will get a single 2000-piece Tape and Reel. For detailed Tape and Reel mechanical information, refer to Appendix B of Burr-Brown IC Data Book.

The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and at the time of such information shall be available at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or claims to any of the circuit descriptions herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices or critical systems.

A combination of common-mode and differential input voltage can cause the output of A_1 or A_2 to saturate. Figure 4 shows the output voltage swing of A_1 and A_2 expressed in terms of a common-mode and differential input voltages. For applications where input common-mode range must be maximized, limit the output voltage swing by connecting the INA121 in a lower gain (see performance curve "Input Common-Mode Voltage Range vs. Output Voltage"). If necessary, add gain after the INA121 to increase the voltage swing.

Input overdrive can produce an output voltage that appears normal. For example, if an input overload condition drives both input amplifiers to their positive output swing limit, the difference voltage measured by the output amplifier will be near zero. The output of A_2 will be near 0V even though both inputs are overloaded.

LOW VOLTAGE OPERATION

The INA121 can be operated on power supplies as low as $\pm 2.25V$. Performance remains excellent with power supplies ranging from $\pm 2.25V$ to $\pm 18V$. Most parameters vary only slightly throughout this supply voltage range—see typical

performance curves. Operation at very low supply voltage requires careful attention to assure that the input voltages remain within their linear range. Voltage swing requirements of internal nodes limit the input common-mode range with low power supply voltage. Typical performance curves, "Input Common-Mode Voltage Range vs. Output Voltage" show the range of linear operation for $\pm 1.5V$, $\pm 2.5V$, and $\pm 2.5V$ supplies.

INPUT FILTERING

The INA121's FET input allows use of an RC input filter without creating large offsets due to input bias current. Figure 5 shows proper implementation of this input filter to preserve the INA121's excellent high frequency common-mode rejection. Mismatch of the common-mode input time constant (R_1C_1 and R_2C_2), either from stray capacitance or mismatched values, causes a high frequency common-mode signal to be converted to a differential signal. This degrades common-mode rejection. The differential input capacitor, C_2 , reduces the bandwidth and mitigates the effects of mismatch in C_1 and C_2 . Make C_2 much larger than C_1 , and C_2 . If properly matched, C_1 and C_2 also improve as CMR.

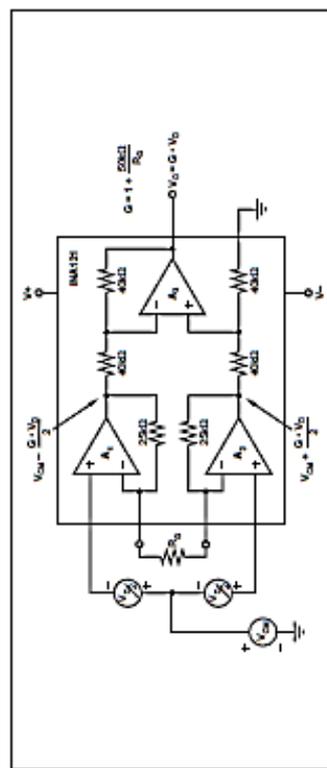


FIGURE 4. Voltage Swing of A_1 and A_2

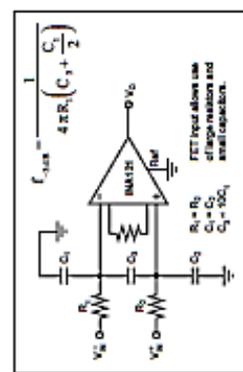


FIGURE 5. Input Low-Pass Filter.

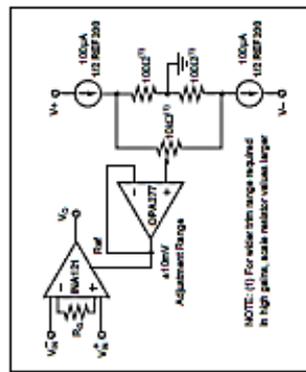
The INA121 provides excellent rejection of high frequency common-mode signals. The typical performance curve, "Common-Mode Rejection vs. Frequency," shows this behavior. If the inputs are not properly balanced, however, common-mode signals can be converted to differential signals. Run the V_{OS} and V_{IS} connections directly adjacent each other, from the source signal all the way to the input pins. If possible use a ground plane under both input traces. Avoid running other potentially noisy lines near the inputs.

NOISE AND ACCURACY PERFORMANCE

The INA121's FET input circuitry provides low input bias current and high speed. It achieves lower noise and higher accuracy with high impedance sources. With source impedances of 2k Ω to 50k Ω , the INA114, INA123, or INA129 may provide lower offset voltage and drift. For very low source impedance ($< 1M\Omega$), the INA103 may provide improved accuracy and lower noise. At very high source impedances ($> 1M\Omega$) the INA116 is recommended.

OFFSET TRIMMING

The INA121 is laser trimmed for low offset voltage and drift. Most applications require no external offset adjustment. Figure 2 shows an optional circuit for trimming the output offset voltage. The voltage applied to Ref terminal is summed at the output. The op amp buffer provides low impedance at the Ref terminal to preserve good common-mode rejection. Trim circuits with higher source impedance should be buffered with an op amp follower circuit to assure low impedance on the Ref pin.



NOTE: (1) For wider trim range required in high gain, scale resistor values larger.

FIGURE 2. Optional Trimming of Output Offset Voltage.

INPUT BIAS CURRENT RETURN PATH

The input impedance of the INA121 is extremely high—approximately $10^{12}\Omega$. However, a path must be provided for the input bias current of both inputs. This input bias current is typically 4pA. High input impedance means that this input bias current changes very little with varying input voltage.

Input circuitry must provide a path for this input bias current if the INA121 is to operate properly. Figure 3 shows various provisions for an input bias current path. Without a bias current return path, the inputs will float to a potential which exceeds the common-mode range of the INA121 and the input amplifiers will saturate.

If the differential source resistance is low, the bias current return path can be connected to one input (see the thermocouple example in Figure 3). With higher source impedance, using two resistors provides a balanced input with possible advantages of lower input offset voltage due to bias current and better high-frequency common-mode rejection.

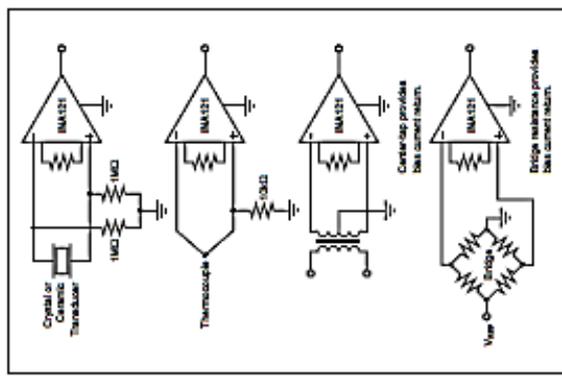


FIGURE 3. Providing an Input Common-Mode Current Path.

INPUT COMMON-MODE RANGE

The linear input voltage range of the input circuitry of the INA121 is from approximately 1.2V below the positive supply voltage to 2.1V above the negative supply. A differential input voltage causes the output voltage to increase. The linear input range, however, will be limited by the output voltage swing of amplifiers A_1 and A_2 . So the linear common-mode input range is related to the output voltage of the complete amplifier. This behavior also depends on supply voltage—see typical performance curve "Input Common-Mode Range vs. Output Voltage".

Lampiran 6. Datasheet Op-amp μA741

TEXAS INSTRUMENTS
 Product Folder Buy
 Technical Documents
 Tools & Schematics
 Support & Community
 μA741
 SLOSB04E—NOVEMBER 1970—REVISED JANUARY 2015

3 Description

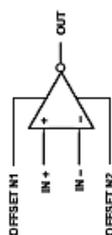
The μA741 device is a general-purpose operational amplifier featuring offset-voltage null capability. The high common-mode input voltage range and the absence of latch-up make the amplifier ideal for voltage-follower applications. The device is short-circuit protected and the internal frequency compensation ensures stability without external components. A low value potentiometer may be connected between the offset null inputs to null out the offset voltage as shown in Figure 11.

The μA741C device is characterized for operation from 0°C to 70°C . The μA741M device (obsolete) is characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C .

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE (P/N)	BODY SIZE (MM)
μA741C	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
μA741M	POP (8)	9.81 mm x 6.35 mm
μA741M	SO (8)	6.30 mm x 5.30 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.



4 Simplified Schematic

1 Features

- Short-Circuit Protection
 - Offset-Voltage Null Capability
 - Large Common-Mode and Differential Voltage Ranges
 - No Frequency Compensation Required
 - No Latch-Up
- 2 Applications**
- DVD Recorders and Players
 - Pro Audio Mixers

TEXAS INSTRUMENTS
 Product Folder Buy
 Technical Documents
 Tools & Schematics
 Support & Community
 μA741
 SLOSB04E—NOVEMBER 1970—REVISED JANUARY 2015
 www.ti.com

7 Specifications

7.1 Absolute Maximum Ratings

over virtual junction temperature range (unless otherwise noted)⁽¹⁾

Symbol	μA741C		μA741M		UNIT
	MIN	MAX	MIN	MAX	
V_{CC}	-18	18	-22	22	V
V_{EE}	-15	15	-30	30	V
V_{IN}	-15	15	-15	15	V
Input voltage between either null (either OFFSET N1 or OFFSET N2) and V_{CC} .	-15	15	-45	0.5	V
Duration of output short circuit ⁽²⁾	Unlimited				
Continuous total power dissipation	See Table 1				
T_A	Operating free-air temperature range				
	0	70	-55	125	$^\circ\text{C}$
Cases temperature for 80 seconds	N/A	N/A	N/A	260	$^\circ\text{C}$
Lead temperature 1.8 mm (0.071 inch) from case for 80 seconds	N/A	N/A	N/A	300	$^\circ\text{C}$
Lead temperature 1.8 mm (0.071 inch) from case for 10 seconds	0, P, or PS package	260	N/A	N/A	$^\circ\text{C}$
T_{stg}	Storage temperature range				
	-45	150	-65	150	$^\circ\text{C}$

- (1) Stresses beyond those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under Recommended Operating Conditions is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- (2) All voltage values, unless otherwise noted, are with respect to the midpoint between V_{CC} and V_{EE} .
- (3) The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 V, whichever is less.
- (4) The output may be shorted to ground or either power supply. For the μA741M only, the unlimited duration of the short circuit applies at (or below) 125°C case temperature or 75°C free-air temperature.

7.2 Recommended Operating Conditions

Symbol	MIN		MAX		UNIT
	MIN	MAX	MIN	MAX	
V_{CC}	-5	15	-5	15	V
V_{EE}	-5	-15	-5	-15	V
T_A	0	70	0	70	$^\circ\text{C}$
	μA741C		μA741M		
	-55	125	-55	125	$^\circ\text{C}$

Table 1. Dissipation Ratings Table

PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE T_A	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING		$T_A = 85^\circ\text{C}$ POWER RATING		$T_A = 125^\circ\text{C}$ POWER RATING	
			DERATE ABOVE T_A	POWER RATING	DERATE ABOVE T_A	POWER RATING	DERATE ABOVE T_A	POWER RATING
D	500 mW	0.8 mW/ $^\circ\text{C}$	64%	464 mW	377 mW	N/A	N/A	
PK	500 mW	11.0 mW/ $^\circ\text{C}$	105%	500 mW	500 mW	275 mW	275 mW	
J	500 mW	11.0 mW/ $^\circ\text{C}$	105%	500 mW	500 mW	275 mW	275 mW	
JG	500 mW	8.4 mW/ $^\circ\text{C}$	90%	500 mW	500 mW	210 mW	210 mW	
P	500 mW	N/A	N/A	500 mW	500 mW	N/A	N/A	
PS	525 mW	4.2 mW/ $^\circ\text{C}$	25%	336 mW	N/A	N/A	N/A	
U	500 mW	5.4 mW/ $^\circ\text{C}$	57%	432 mW	351 mW	155 mW	155 mW	

SLOSB04E—NOVEMBER 1970—REVISED JANUARY 2015
 Copyright © 1970–2015, Texas Instruments Incorporated
 Product Folder Link: μA741

IMPORTANT NOTICE: At the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

10 Power Supply Recommendations

The $\mu A741$ is specified for operation from ± 5 to ± 15 V; many specifications apply from 0°C to 70°C . The Typical Characteristics section presents parameters that can exhibit significant variance with regard to operating voltage or temperature.

CAUTION

Supply voltages larger than ± 18 V can permanently damage the device (see the Absolute Maximum Ratings).

Place 0.1- μF bypass capacitors close to the power-supply pins to reduce errors coupling in from noisy or high impedance power supplies. For more detailed information on bypass capacitor placement, refer to the Layout Guidelines.

11 Layout

11.1 Layout Guidelines

- For best operational performance of the device, use good PCB layout practices, including:
 - Noise can propagate into analog circuitry through the power pins of the circuit as a whole and the operational amplifier. Bypass capacitors are used to reduce the coupled noise by providing low impedance power sources local to the analog circuitry.
 - Connect low-ESR, 0.1- μF ceramic bypass capacitors between each supply pin and ground, placed as close to the device as possible. A single bypass capacitor from V_+ to ground is applicable for single supply applications.
 - Separate grounding for analog and digital portions of circuitry is one of the simplest and most-effective methods of noise suppression. One or more layers on multilayer PCBs are usually devoted to ground planes. A ground plane helps distribute heat and reduces EMI noise pickup. Make sure to physically separate digital and analog grounds, paying attention to the flow of the ground current. For more detailed information, refer to Circuit Board Layout Techniques, SLOA089.
 - To reduce parasitic coupling, run the input traces as far away from the supply or output traces as possible. If it is not possible to keep them separate, it is much better to cross the sensitive trace perpendicular as opposed to in parallel with the noisy trace.
 - Place the external components as close to the device as possible. Keeping RF and RG close to the inverting input minimizes parasitic capacitance, as shown in Layout Example.
 - Keep the length of input traces as short as possible. Always remember that the input traces are the most sensitive part of the circuit.
 - Consider a driven, low-impedance guard ring around the critical traces. A guard ring can significantly reduce leakage currents from nearby traces that are at different potentials.

11.2 Layout Example



Figure 16. Operational Amplifier Schematic for Noninverting Configuration

7.3 Electrical Characteristics $\mu A741C$, $\mu A741M$

at specified virtual junction temperature, $V_{CC} = \pm 15$ V (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T _A (°)	$\mu A741C$			$\mu A741M$			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO}	Input offset voltage	25°C	1	8	1	5			mV
ΔV_{IO}	Offset voltage adjust range	25°C		7.5		15			mV
		Full range		±15		±20		±200	mV
I_O	Input offset current	25°C	20	200	300	500			nA
I_B	Input bias current	25°C	80	500	80	500			nA
		Full range		±12		±12		±1500	nA
V_{IC}	Common-mode input voltage range	25°C	±12	±13		±12	±13		V
		Full range		±12		±12			
V_{OM}	Maximum peak output voltage swing	25°C		±12		±12	±14		V
		25°C		±10		±10	±13		V
		25°C		±10		±10	±13		V
A_{VOL}	Large-signal differential voltage amplification	25°C	20	200	50	200			V/mV
		Full range		15		25			
f_L	Input resistance	25°C	0.3	2	0.3	2			M Ω
C_o	Output resistance	25°C	1.4	1.4	1.4	1.4			pF
CMRR	Common-mode rejection ratio	25°C	70	90	70	90			dB
Noise	Supply voltage variability ($\Delta V_{CC}/\Delta V_{CC}$)	25°C	30	150	30	150			$\mu V/V$
		Full range		150		150			
I_{SQ}	Short-circuit output current	25°C	±25	±40	±25	±40			mA
I_{SC}	Supply current	25°C	1.7	2.8	1.7	2.8			mA
P_D	Total power dissipation	25°C	50	85	50	85			mW
		Full range		100		100			

(1) All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified. Full range for the $\mu A741C$ is 0°C to 70°C and the $\mu A741M$ is 0°C to 125°C .

(2) This typical value applies only at frequencies above a few hundred hertz because of the effects of drift and thermal feedback.

Lampiran 7. Datasheet Sensor pH

pH Sensor (Order Code PH-BTA)



Our pH Sensor can be used for any lab or demonstration that can be done with a traditional pH meter. This sensor offers the additional advantages of automated data collection, graphing, and data analysis. Typical activities using our pH sensor include studies of household acids and bases, acid-base titrations, monitoring pH change during chemical reactions or in an aquarium as a result of photosynthesis, investigations of acid rain and buffering, and investigations of water quality in streams and lakes.

Collecting Data with the pH Sensor

This sensor can be used with the following interfaces to collect data:

- Vernier LabQuest[®] as a standalone device or with a computer
- Vernier LabQuest[®] Mini with a computer
- Vernier LabPro[®] with a computer, TI graphing calculator, or Palm[®] handheld
- Vernier Go!Link[®]
- Vernier EasyLink[®]
- Vernier SensorDAQ[®]
- CBL 2[™]

Here is the general procedure to follow when using the pH Sensor:

1. Connect the pH Sensor to the interface.
2. Start the data-collection software¹.
3. The software will identify the pH Sensor and load a default data-collection setup. You are now ready to collect data.

Important: Do not fully submerge the sensor. The handle is not waterproof.

Data-Collection Software

This sensor can be used with an interface and the following data-collection software.

- **Logger Pro 3** This computer program is used with LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, or Go!Link
- **Logger Pro 2** This computer program is used with ULI or Serial Box Interface.
- **Logger Lite** This computer program is used with LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, or Go!Link.
- **LabQuest App** This program is used when LabQuest is used as a standalone device.
- **EasyData App** This calculator application for the TI-83 Plus and TI-84 Plus can be used with CBL 2, LabPro, and Vernier EasyLink. We recommend version 2.0 or newer, which can be downloaded from the Vernier web site, www.vernier.com/easy/easydata.html, and then transferred to the calculator.

¹ If you are using Logger Pro 2 with either a ULI or SBI, the sensor will not auto-ID. Open an experiment file for the pH Sensor in the Probes & Sensors folder.

See the Vernier web site, www.vernier.com/calc/software/index.html for more information on the App and Program Transfer Guidebook.

- **DataMate program** Use DataMate with LabPro or CBL 2 and TI-73, TI-83, TI-84, TI-86, TI-89, and Voyage 200 calculators. See the LabPro and CBL 2 Guidebooks for instructions on transferring DataMate to the calculator.
- **Data Pro** This program is used with LabPro and a Palm handheld.
- **LabVIEW** National Instruments LabVIEW[™] software is a graphical programming language sold by National Instruments. It is used with SensorDAQ and can be used with a number of other Vernier interfaces. See www.vernier.com/labview for more information.

pH Electrode Specifications

Type:	Sealed, gel-filled, epoxy body, Ag/AgCl
Response time:	90% of final reading in 1 second
Temperature range:	5 to 80°C
12 mm OD	
Range:	pH 0-14
13-bit Resolution (SensorDAQ):	0.0025 pH units
12-bit Resolution (LabQuest, LabQuest Mini, Go!Link, LabPro, ULI, SBI):	0.005 pH units
10-bit Resolution (CBL 2):	0.02 pH units
Isopotential pH:	pH 7 (point at which temperature has no effect)
Output:	59.2 mV/pH at 25°C
Stored Calibration Values ² :	
Intercept (k ₀):	13.720
Slope (k ₁):	-3.838

NOTE: This product is to be used for educational purposes only. It is not appropriate for industrial, medical, research, or commercial applications.

How the pH Sensor Works

The pH Amplifier inside the handle is a circuit which allows a standard combination pH electrode (such as the Vernier 7120B) to be monitored by a lab interface. The cable from the pH Amplifier ends in a BTA plug.

The pH Sensor will produce a voltage of 1.75 volts in a pH 7 buffer. The voltage will increase by about 0.25 volts for every pH number decrease. The voltage will decrease by about 0.25 volts/pH number as the pH increases.

The Vernier gel-filled pH Sensor is designed to make measurements in the pH range of 0 to 14. A polycarbonate body that extends below the glass sensing bulb of the

² These are average calibration values. Actual values may vary because sensors are individually calibrated by Vernier before shipping.

Lampiran 8. Datasheet Sensor Suhu

Class A RTD PT100



Product Specification:

Product Number	PC-886606
Product Name	0.2% Class A Platinum Resistance Thermometers PT100 1 PCS
High precision	0.2%, Class A
Size	50mm dia. 330mm length, 150mm 150mm
Item Net Weight	26g / 0.7oz

These sensors has a resistance of 100 ohms at 0 Celsius and 138.4 ohms at 100 Celsius, 2-wire configuration, Stripped Ends Termination. These sensors are brand new and its temperature measurement range is -50°C-400°C. Using a cheap TL431 like voltage reference, you could get enough high accurate Voltage Reference that can make the final error less than 0.1 Celsius, but you should take care of the voltage error from the voltage reference and temperature caused error. That means you should adjust the voltage reference by a high precision potentiometer and generate a temperature error table.

