

TESIS

**PENGARUH PENYIMPANAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER
ARDUINO NANO TERHADAP KETAHANAN AIR SUSU IBU**

*Effect Storage Using Microcontroller Arduino Nano Againsts Breast Milk
Resistance*

ROSALIN ARIEFAH PUTRI

P102171109



**OLAH PASCASARJANA PROGRAM MAGISTER KEBIDANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
TAHUN 2019**

**PENGARUH PENYIMPANAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER
ARDUINO NANO TERHADAP KETAHANAN AIR SUSU IBU**

Tesis

Sebagai Satu Syarat Untuk Mencapai Gelas Magister

Program Studi

Kebidanan

Disusun dan Diajukan oleh

ROSALIN ARIEFAH PUTRI

P102171109

Kepada

**FAKULTAS PASCASARJANA PROGRAM MAGISTER KEBIDANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
TAHUN 2019**





Optimization Software:
www.balesio.com

TESIS

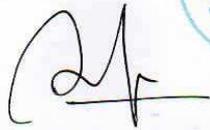
PENGARUH PENYIMPANAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER
ARDUINO NANO TERHADAP KETAHANAN ASI

Disusun dan diajukan oleh

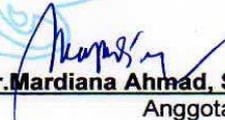
ROSALIN ARIEFAH PUTRI
Nomor Pokok P102171109

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
Pada tanggal 29 bulan April 2019
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Komisi Penasihat,



Prof. Dr. Ir. Syafruddin Syarif, MT
Ketua



Dr. Mardiana Ahmad, S.SiT., M.Keb
Anggota

Ketua Program Studi
Ilmu Kebidanan



Dr. dr. Sharviyanti Arifuddin, Sp. OG(K)



Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Si





Optimization Software:
www.balesio.com

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rosalin Ariefah Putri

Nomor Mahasiswa : P102171109

Program Studi : Magister Kebidanan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penelitian tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan hasil penelitian tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya.

Makassar, Maret 2019

Yang menyatakan,

Rosalin Ariefah Putri





PRAKATA

Alhamdulillah Puji syukur peneliti panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tesis ini sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi Magister Ilmu Kebidanan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

Penelitian ini merupakan sebuah gagasan dalam mengembangkan inovasi berbasis teknologi dalam pelayanan kebidanan. Salah satunya adalah menciptakan sebuah teknologi yang dapat digunakan untuk membantu para ibu dalam memenuhi Angka Cakupan ASI Eksklusif yang masih rendah serta membantu memenuhi ketersediaan fasilitas penyimpanan ASI perah bagi ibu bekerja.

Penyusunan tesis ini tidak lepas dari kendala yang dihadapi oleh peneliti, tetapi berkat bantuan berbagai pihak, maka tesis ini selesai pada waktunya. Dalam kesempatan ini peneliti dengan tulus menyampaikan banyak terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Yang Terhormat Bapak **Prof. Dr. Syafruddin Syarif, MT** sebagai ketua komisi penasihat tesis yang telah membantu memberikan bimbingan dan arahan serta Ibu **Dr. Mardiana Ahmad, S.Si.T., M.Keb** yang merupakan sekretaris yang telah meluangkan waktu, sumbangsih pemikiran dalam

mengembangkan konsep teknologi, permasalahan penelitian, dan arahan serta bimbingan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.



Peneliti mengucapkan terima kasih yang tulus dan setinggi-tingginya kepada kedua orang tua, Ayahanda **Ipan Saputra** dan Ibunda **Julinah** yang tidak pernah berhenti mendoakan, memberikan motivasi, dan mengingatkan bahwa seorang perempuan layak untuk menimba ilmu setinggi-tingginya tanpa melupakan kodratnya. Teristimewa untuk suami tercinta **Abdul Fitri Umar** yang dengan penuh kesabaran dan keikhlasan mengizinkan peneliti untuk menimba ilmu, motivasi, dan doa yang tidak pernah putus. Kepada Ayahanda Mertua **Abbas Umar** dan kedua adik tercinta **Feivy Selvida** dan **Laily Rahma Putri** yang tidak pernah berhenti memberikan dorongan dan doa. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan, rahmat, dan keberkahan.

Melalui kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu M.A selaku Rektor Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Si selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Dr. dr. Sharvianti Arifuddin, Sp.OG (K) selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Kebidanan Universitas Hasanuddin Makassar.
4. Dewan penguji Guru Besar Prof. Dr. dr. Suryani As'ad, M.Sc.,Sp.GK(K) ,Dr. dr. Martira Maddepungeng, Sp.A (K) dan Dr. [redacted] ah, SKM., M.Kes.

[redacted] ala Pimpinan Puskesmas, Bidan Koordinator Kesehatan Ibu dan [redacted] k (KIA), dan Kader Posyandu Wala-Walaya dan Nusa Indah di



Puskesmas Jumpandang Baru yang telah mengizinkan dan mendampingi peneliti selama proses awal, pelaksanaan, dan penyelesaian penelitian.

6. Ibu-ibu menyusui wilayah kerja Puskesmas Jumpandang Baru yang bersedia untuk dilakukan pengambilan sampel Air Susu Ibu dan memberikan waktu untuk peneliti selama proses penelitian berlangsung.
7. Segenap Dosen dan Staff Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar yang telah memberikan bekal ilmu dan pengetahuan yang tak ternilai harganya.
8. Nuraiman, Saleha, dan Nur Aliya Arsyad rekan satu tim peneliti dan berjuang bersama dalam menciptakan *prototype* penyimpanan ASI perah.
9. Teman-teman Angkatan VI Magister Kebidanan Universitas Hasanuddin Makassar yang telah banyak memberikan motivasi dan doa kepada peneliti.

Semoga segala kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada peneliti mendapat pahala dan imbalan yang setimpal dari Allah SWT.

Aamiin Allahumma Aamiin.

Makassar, Maret 2019

Peneliti



ABSTRAK

ROSALIN ARIEFAH PUTRI. Pengaruh Penyimpanan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano Terhadap Ketahanan ASI (dibimbing oleh Syafruddin Syarif dan Mardiana Ahmad).

Ketidaktersediaan fasilitas untuk menyimpan ASI bagi ibu menyusui yang bekerja menyebabkan ibu tidak dapat memenuhi angka cakupan ASI Eksklusif pada bayinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui warna, aroma, dan total koloni bakteri ASI Penyimpanan menggunakan mikrokontroler arduino nano. Desain Penelitian menggunakan kuasi eksperimen. Pengambilan sampel menggunakan teknik purposive sampel sebanyak 32 orang ibu menyusui. Warna dan aroma ASI diuji secara visual sebelum dan sesudah, sedangkan total koloni bakteri diuji dengan Angka Lempeng Total (ALT) setelah penyimpanan. Lama penyimpanan pada suhu 4°C selama 96 jam dan 30°C selama 8 jam menggunakan penyimpanan mikrokontroler arduino nano. Analisa data menggunakan *McNemar test* dan *Independent t-test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan warna pada ASI yang disimpan selama 8 jam pada suhu 30°C ($p=1,000 > \alpha=0,05$) dan 96 jam pada suhu 4°C ($p=0,500 > \alpha=0,05$). Terdapat perbedaan pada Aroma ASI yang disimpan sebelum dan sesudah selama 8 jam pada suhu 30°C ($p=0,000 < \alpha=0,05$) dan 96 jam pada suhu 4°C ($p=0,000 < \alpha=0,05$). Selain itu terdapat perbedaan total koloni bakteri pada ASI yang disimpan menggunakan mikrokontroler arduino nano pada suhu 30°C dan 4°C ($p=0,025$). Total koloni bakteri pada kedua suhu mengalami peningkatan diatas batas normal dengan rata-rata $8,3 \times 10^7$ pada suhu 4°C lebih rendah dari pada kelompok 30°C yaitu $4,9 \times 10^8$. Pemompaan microcontroller arduino nano dapat digunakan sebagai pompa ASI sedangkan Penyimpanan ASI dengan menggunakan mikrokontroler arduino nano kurang efektif untuk digabungkan dengan proses pompa ASI. Usia simpan ASI mempengaruhi pertumbuhan total koloni bakteri dalam proses penyimpanan ASI dengan menggunakan mikrokontroler arduino nano. Dengan demikian, ibu yang memberikan ASI perah kepada bayinya perlu mengidentifikasi kualitas dari aroma karena umumnya ASI tidak mengalami perubahan warna melainkan perubahan aroma.

Kata kunci : ASI, warna, aroma, total koloni bakteri, penyimpanan, mikrokontroler arduino nano



ABSTRACT

ROSALIN ARIEFAH PUTRI. *Effect Storage Using Microcontroller Arduino Nano Against Breast Milk Resistance* (Guided by Syafruddin Syarif dan Mardiana Ahmad).

Breastmilk storage facilities in the work environment make breastfeeding mothers who have jobs do not meet exclusive Breastmilk on her baby. This research aims to know the colors, aroma, and total bacterial colonies in breast milk storage using microcontroller Arduino nano. Research method was a quasi-experiment. Sampling using a purposive sampling technique as much as 32 breastfeeding mothers. The color and aroma of breast milk be visually tested before and after, while the total bacterial colonies tested with Total Plate Count (TPC) after the storage process. Prolonged storage at temperatures above 4°C for 96 hours and 30°C for 8 hours uses storing microcontroller Arduino nano. Data analysis using the McNemar test and independent t-test. The results showed that there was no difference in color on the breast milk stored for 8 hours at a temperature of 30°C ($p = 1,000 > \alpha = 0,05$) and 96 hours at a temperature of 4°C ($p = 0,500 > \alpha = 0,05$). There is a difference in the aroma of breast milk stored before and after for 8 hours at a temperature of 30°C ($p = 0,000 < \alpha = 0,05$) and 96 hours at a temperature of 4°C ($p = 0,000 < \alpha = 0,05$). In addition, there is a difference of total bacterial colonies in the breast milk that was saved using Microcontroller Arduino Nano 30°C and temperature 4°C ($p = 0.025 < \alpha = 0,05$). Total bacterial colonies in both temperature increase above the normal limit which has been specified with the average $8,3 \times 10^7$ at a temperature of 4°C lower than in the Group 30°C $4,9 \times 10^8$. Storage of breast milk using Microcontroller Arduino Nano less effective to combine with breastpump. Prolonged process storage of breastmilk influence increasing total bacterial colony using Microcontroller Arduino Nano. However, mothers who will give breastmilk to her baby to dairy need to identify the quality of aroma because generally the breastmilk did not experience color change but change the aroma.

Keywords : breastmilk, colour, aroma, total bacterial colonies, storage, microcontroller arduino nano



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN TESIS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian.....	7
D. Manfaat Penelitian.....	8
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	8
F. Sistematika Penulisan	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
A. Air Susu Ibu (ASI).....	10
B. Fisiologi Laktasi	11
C. Penyimpanan Air Susu Ibu (ASI)	12
D. Microcontroller Arduino Nano	23
E. Penyimpanan ASI dengan Menggunakan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	28
F. Ketahanan ASI	37
G. Kerangka Teori	41
H. Kerangka Konsep	45
I. Hipotesis penelitian	46
J. Definisi Operasional.....	47
BAB III METODE PENELITIAN	49
A. Rancangan Penelitian.....	49
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	49



C. Bahan dan Alat.....	49
D. Populasi dan Sampel.....	51
E. Teknik Pengumpulan Data	52
F. Etika Penelitian.....	57
G. Teknik Analisa Data.....	57
H. Pengukuran Angka Lempeng Total (ALT) Metode Cawan Tuang ..	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
A. Hasil Penelitian.....	60
B. Pembahasan	66
C. Pengujian Hipotesis.....	80
D. Keterbatasan Penelitian.....	80
BAB V PENUTUP	82
A. Kesimpulan.....	82
B. Saran.....	82



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Panduan Penyimpanan ASI	16
Tabel 2.2	Warna ASI dalam Penyimpanan	38
Tabel 2.3	Aroma ASI dalam Penyimpanan	39
Tabel 2.4	Definisi Operasional	47
Tabel 4.1	Distribusi Karakteristik Responden	60
Tabel 4.2	Perbedaan Warna ASI 0 jam dan 8 Jam Pada Suhu 30°C Dengan Menggunakan Penyimpanan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	61
Tabel 4.3	Perbedaan Warna ASI 0 Jam dan 96 Jam Pada Suhu 4°C Dengan Menggunakan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	62
Tabel 4.4	Perbedaan Aroma ASI 0 Jam dan 8 Jam Pada Suhu 30°C Dengan Menggunakan Penyimpanan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	62
Tabel 4.5	Perbedaan Aroma ASI 0 Jam dan 96 Jam Pada Suhu 4°C Dengan Menggunakan Penyimpanan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	63
Tabel 4.6	Perbedaan Total Koloni Bakteri Pada Suhu 30°C dan 4°C Dengan Menggunakan Penyimpanan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	63
Tabel 4.7	Analisis Perbedaan Aroma ASI Sebelum dan Sesudah Pada Suhu 4°C dan 30°C Dengan Menggunakan Penyimpanan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	64
Tabel 4.8	Analisis Perbedaan Warna ASI Sebelum dan Sesudah Pada Suhu 4°C dan 30°C Dengan Menggunakan Penyimpanan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	65
Tabel 4.9	Analisis Perbedaan Total Koloni Bakteri ASI Pada Suhu 30°C dan 4°C Dengan Menggunakan Penyimpanan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Board Arduino Nano	24
Gambar 2.	ATMEGA328	31
Gambar 3.	Sensor suhu thermistor	32
Gambar 4.	Model Penyimpanan ASI dengan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	33
Gambar 5.	Alur Cara Kerja Model Penyimpanan ASI dengan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	34
Gambar 6.	Alur Cara Kerja Penyimpanan ASI Pada Suhu 4 ⁰ C dengan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	35
Gambar 7.	Alur Cara Kerja Penyimpanan ASI Pada Suhu 30 ⁰ C dengan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	36
Gambar 8.	Kerangka Teori Fisiologi Laktasi dan Penyimpanan ASI	45
Gambar 9.	Kerangka Konsep Penelitian	47
Gambar 10.	Alur Penelitian Pengaruh Penyimpanan ASI dengan <i>Microcontroller Arduino Nano</i> Terhadap Ketahanan ASI	57





BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air Susu Ibu (ASI) adalah salah satu nutrisi penting bagi bayi sejak usia 0 tahun hingga 24 bulan. ASI merupakan standar emas untuk pemenuhan nutrisi oleh bayi terutama dalam melindungi infeksi pencernaan. Hal ini dikarenakan ASI memiliki komposisi yang unik dari segi nutrisi dan imunologi. Kandungan di dalam ASI dapat mengaktifkan perkembangan bayi baru lahir dan mengaktifkan respon anti infeksi. ASI memiliki manfaat jangka panjang dibandingkan dengan susu formula. (Alan Walker, 2009; Chantry *et al.*, 2009; Marín *et al.*, 2009; Akinbi, Meinen-Derr, Auer, Ma, Pullum, Kusano, Krzysztof J Reszka, *et al.*, 2010; Ramírez-Santana *et al.*, 2012; Sari *et al.*, 2012; Takci *et al.*, 2013; Spitzer, Klos and Buettner, 2013; Hoyt, Medico and Commins, 2015; Pella *et al.*, 2017).

The American Academy of Pediatrics, The Canadian Pediatric Society, dan *World Health Organization (WHO)* merekomendasikan ASI Eksklusif diberikan segera setelah lahir sampai 6 bulan pertama kehidupan bagi seluruh ibu menyusui dan bayi yang sehat dan dilanjutkan hingga usia 2 tahun. Namun, memberikan ASI eksklusif selama 6 bulan pertama dalam kehidupan bayi tidak selalu memungkinkan untuk bisa diberikan. Sehingga

akibatkan permasalahan dalam memberikan ASI eksklusif dengan arkan dan disimpan dalam sebuah tempat penyimpanan



(Ewaschuk *et al.*, 2011; Chang, Chen and Lin, 2012; Pediatrics, 2012; Lozano *et al.*, 2014; Andreas, Kampmann and Mehring Le-Doare, 2015; Pella *et al.*, 2017).

Menurut *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2017 mengungkapkan bahwa rata-rata pemberian ASI Eksklusif di dunia baru 36% bayi usia 0-6 bulan yang mendapatkan ASI eksklusif selama periode 2007 – 2014 (WHO, 2017). Cakupan ASI eksklusif di Indonesia hanya 24% menempati peringkat ketiga terbawah dari 51 Negara yang mengikuti penilaian status kebijakan dan program yang dilakukan oleh *International Baby Food Action Network* (IBFAN). Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) tahun 2018 menunjukkan bahwa persentase pemberian ASI saja dalam 24 jam terakhir semakin menurun seiring meningkatnya umur bayi dengan persentase terendah pada anak umur 6 bulan (37,3%).

Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI (PUSDATIN) menyatakan bahwa ibu yang bekerja dan tidak bekerja dalam memberikan makan pra *lacteal* pada bayi usia 0-23 bulan pada tahun 2013 mencapai 40%. Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) tahun 2013 menunjukkan bahwa proses mulai menyusui pada bayi usia 0 – 23 bulan dalam waktu >48 jam di Provinsi Sulawesi Selatan menunjukkan angka 15,1% (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2013; Kemenkes RI, 2015a).

Salah satu kendala yang terjadi dalam pemberian ASI eksklusif

akan status ibu menyusui yang memiliki profesi atau pekerjaan.

in Pemerintah Nomor 33 Tahun 2012 Tentang Pemberian Air



Susu Ibu Eksklusif mewajibkan ibu untuk memberikan ASI eksklusif pada bayinya (Indonesia, 2012). Selain itu, peraturan yang dibuat oleh Badan Kepegawaian Negara Nomor 24 Tahun 2017 terkait cuti melahirkan yang diberikan hanya 3 bulan menjadi salah satu faktor kendala pencapaian ASI eksklusif bagi ibu bekerja (Badan Kepegawaian Negara, 2017).

Ibu menyusui yang bekerja sering kali terpisah dengan bayinya. Sehingga untuk tetap memenuhi kebutuhan ASI tidak sedikit ibu memerah dan menampung ASI, kemudian disimpan dan diberikan kepada bayi setelah ibu menyelesaikan pekerjaannya. Tempat penyimpanan ASI yang digunakan oleh Ibu mayoritas menggunakan sistem pendingin (Marín *et al.*, 2009; The Academy of Breastfeeding Medicine Protocol Committee, 2010; Ghoshal *et al.*, 2012a; Sari and Yerizel, 2014; Ahrabi *et al.*, 2016; Peila *et al.*, 2017).

Penyimpanan ASI dalam pendingin tidak hanya digunakan oleh ibu, tetapi juga di berbagai fasilitas kesehatan dan non kesehatan seperti Bank ASI, Rumah Sakit, untuk disimpan yang nantinya diberikan kepada bayi pada ibu yang bekerja, bayi sedang sakit, dan ibu yang ingin mendonorkan ASI (Ramírez-Santana *et al.*, 2012; Chang *et al.*, 2013; Dumm *et al.*, 2013; Lozano *et al.*, 2014; Penn *et al.*, 2014; de Waard *et al.*, 2017).

Proses penyimpanan dapat mengawetkan ASI bergantung pada

metode yang disesuaikan. Penyimpanan ASI dalam keadaan beku dilakukan oleh para ibu di rumah atau di tempat kerja agar dapat



digunakan untuk beberapa waktu ke depan. Sedikit yang mengetahui bahwa proses penyimpanan ASI dapat mengubah dari kualitas maupun kuantitas terutama kandungan gizi dan imunologi. Beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan kandungan nutrisi ASI salah satunya disebabkan oleh adanya perubahan suhu yang terjadi saat proses penyimpanan maupun proses pencairan dan pemanasan dengan suhu tinggi, lama waktu penyimpanan, dan tempat penampung ASI (Chantry *et al.*, 2009; Lawrence and Lawrence, 2011; Chang, Chen and Lin, 2012; Takci *et al.*, 2013; Chang *et al.*, 2013; Janjindamai *et al.*, 2013; Labiner-Wolfe and Fein, 2013; Sari and Yerizel, 2014; Handa *et al.*, 2014; Ahrabi *et al.*, 2016; Aryani, Utami and M, 2016).

Penelitian membuktikan bahwa ASI yang disimpan dalam pendingin pada suhu 4⁰C memungkinkan berkurangnya kandungan antioksidan baik pada *colostrum* ataupun ASI, asam askorbat, dan adrenomedullin dalam waktu 24 jam. Pada suhu -20⁰C terjadi perubahan berupa kadar pH menurun, kadar faktor bioaktif menjadi rendah, laktoferin menurun hingga 65%. Perubahan komposisi terbanyak terjadi pada suhu -80⁰C, yaitu konsentrasi IgA, IL-8 yang menurun sebanyak 25%, laktoferin, total antioksidan pada *colostrum*, pre ASI, dan ASI yang *mature* akan menurun jika disimpan di suhu -80⁰C. Dampak lainnya yaitu adanya perubahan aroma ASI yang terjadi pada suhu -19⁰C (Ramírez-Santana *et al.*, 2012; Sari *et*

al.; Spitzer, Klos and Buettner, 2013; Akdag *et al.*, 2014; Lozano *et*



al., 2014; Aksu *et al.*, 2015; Ahrabi *et al.*, 2016; NA *et al.*, 2016; Pella *et al.*, 2017).

Selain temperatur penyimpanan, faktor lainnya adalah lama penyimpanan dan tempat penampung ASI yang menjadi hal penting dalam menjaga kualitas ASI. Semakin lama disimpan dengan suhu yang sangat minimal dan pada suhu yang tinggi akan merubah kandungan ASI di antaranya kadar protein, lemak dan asam lemak omega, meningkatkan *cytotoxic* dan mengurangi enzim protease pada sistem pencernaan bila disimpan dalam suhu -20°C selama 8 – 12 minggu. Sedangkan tempat penampung ASI lebih menekankan pada perlindungan ASI dari kontaminasi bakteri *pathogen* yang berasal dari luar, sehingga beberapa penelitian membandingkan penggunaan botol kaca berbahan *pyrex* dan kantong plastik ASI. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan botol *pyrex* lebih memiliki keuntungan yang besar karena dapat digunakan dalam jangka panjang (Akinbi, Meinzen-Derr, Auer, Ma, Pullum, Kusano, Krzysztof J Reszka, *et al.*, 2010; Slutzah *et al.*, 2010; Chang *et al.*, 2013; Janjindamai *et al.*, 2013; Takci *et al.*, 2013; Penn *et al.*, 2014).

Penyimpanan ASI tidak hanya mempengaruhi secara kuantitas dari segi komponen gizi, akan tetapi mempengaruhi secara kualitas yang dapat dilihat dari karakteristik ASI berupa warna, aroma, dan total koloni bakteri. Kondisi penyimpanan yang tidak optimal dapat mempengaruhi

ASI. ASI yang tidak segar akan mempengaruhi warna dan aroma dapat menjadi tempat pertumbuhan mikroorganismenya yang berbahaya



apabila dikonsumsi oleh bayi (Marín *et al.*, 2009; Suharti, Indrayani and Yantri, 2016).

Dengan melihat permasalahan di atas, peneliti membuat sebuah alat teknologi tepat guna dalam pelayanan kebidanan, yaitu Penyimpanan Air Susu Ibu menggunakan *Microcontroller Arduino Nano*. Model Penyimpanan ASI yang menggunakan perangkat *hardware* dan *software* yang dapat mengatur beberapa komponen berupa pengatur suhu dan fungsi pompa elektrik (Kaur *et al.*, 2016). Suhu yang digunakan adalah 4°C dan suhu 30°C. Suhu 4°C dapat menyimpan ASI maksimal selama 96 jam dan suhu 30°C selama 6-8 jam. Desain penyimpanan akan terhubung secara langsung oleh pemompa ASI sehingga dapat meminimalkan kontaminasi bakteri patogen dari luar dan memungkinkan ketahanan ASI berupa, warna, aroma, dan total koloni bakteri ASI tetap terjaga. Peneliti sebelumnya mengungkapkan bahwa *Arduino Nano* dapat mengendalikan suhu pada saat akan dilakukan pasteurisasi dengan nilai angka Kp : 9,5 (Prawira *et al.*, no date; Harshika, 2017).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, peneliti merumuskan masalah penelitian yaitu :

1. “Apakah terdapat perbedaan warna ASI sebelum dan sesudah dalam penyimpanan menggunakan *Microcontroller Arduino Nano*?”.



2. “Apakah terdapat perbedaan aroma ASI sebelum dan sesudah dalam Penyimpanan menggunakan *Microcontroller Arduino Nano?*”.
3. “Apakah terdapat perbedaan total koloni bakteri ASI pada suhu 4°C dan 30°C dalam penyimpanan menggunakan *Microcontroller Arduino Nano?*”.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penyimpanan menggunakan *Microcontroller Arduino Nano* Terhadap Ketahanan ASI.

2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus penelitian ini adalah

- a. Menganalisis perbedaan warna ASI sebelum dan sesudah dalam Penyimpanan menggunakan *Microcontroller Arduino Nano*.
- b. Menganalisis perbedaan aroma ASI sebelum dan sesudah dalam Penyimpanan menggunakan *Microcontroller Arduino Nano*.
- c. Menganalisis perbedaan total koloni bakteri ASI pada suhu 4°C dan 30°C dalam penyimpanan menggunakan *Microcontroller Arduino Nano*.



D. Manfaat Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah :

1. Manfaat Teori
 - a. Microcontroller Arduino Nano merupakan perangkat *hardware* dan *software* yang dapat menunjang fungsi pompa dan penyimpanan secara bersamaan dengan *system* mikro chip yang dikendalikan sesuai dengan kebutuhan.
2. Manfaat Praktis
 - a. Membantu ibu menyusui yang mempunyai pekerjaan dalam memberikan ASI Eksklusif kepada bayi.
 - b. Membuat ibu merasa aman dan nyaman dalam menyimpan pengeluaran ASInya.
 - c. Meningkatkan motivasi ibu untuk dapat menyusui walaupun dalam keadaan bekerja.
 - d. Meningkatkan angka kecukupan bayi dalam memperoleh ASI Eksklusif yang masih kurang.
 - e. Meningkatkan status gizi bayi dan balita melalui program pencapaian ASI Eksklusif.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Peneliti melakukan penelitian dengan desain penelitian kuasi eksperimental dengan mengambil sampel ibu menyusui di wilayah Kabupaten Pangasinan setempat . Selain itu, peneliti mengambil sampel berupa ASI



yang dikeluarkan oleh ibu untuk diuji coba dengan menggunakan penyimpanan yang telah di rancang oleh peneliti.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar, sistematika penulisan proposal penelitian tesis ini yaitu :

BAB I : Pendahuluan menggunakan latar belakang, rumusan masalah, tujuan umum penelitian dan tujuan khusus penelitian, kegunaan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka uraian teori tentang Airs Susu Ibu (ASI), fisiologi laktasi, penyimpanan ASI, microcontroller arduino nano, konsep penyimpanan ASI dengan microcontroller arduino nano, ketahanan ASI, kerangka teori, kerangka konsep, hipotesis, dan definisi operasional.

BAB III : Metode Penelitian mencakup rancangan penelitian yang digunakan, lokasi dan waktu, populasi dan sampel, teknik pengambilan data, dan teknik analisa data yang digunakan.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan, jawaban hipotesis, dan keterbatasan penelitian

BAB V : Kesimpulan dan saran



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Susu Ibu (ASI)

Air Susu Ibu (ASI) adalah makanan terbaik untuk bayi. ASI sangat dibutuhkan untuk kesehatan bayi dan mendukung pertumbuhan dan perkembangan bayi secara optimal. Bayi yang mendapatkan ASI eksklusif akan memperoleh semua kelebihan ASI serta terpenuhi kebutuhan gizinya secara maksimal sehingga dia akan lebih sehat, lebih tahan terhadap infeksi, tidak mudah terkena alergi, dan lebih jarang sakit. Pertumbuhan yang optimal dapat dilihat dari dari penambahan berat badan, ataupun lingkaran kepala, sedangkan perkembangan yang optimal dapat dilihat dari adanya peningkatan kemampuan motorik dan psikomotorik dan bahasa (Susilowati and Kuspriyanto, 2016).

Manfaat yang diperoleh ketika melakukan pemberian ASI secara eksklusif sangat banyak, namun sedikit ibu yang melakukan pemberian ASI eksklusif salah satu di antaranya adalah ibu bekerja di luar rumah. Ibu bekerja harus meninggalkan bayinya seharian penuh sehingga ini menjadi alasan ibu menggantikannya dengan susu formula. Seorang ibu yang bekerja dapat memberikan ASI eksklusif dengan dukungan pengetahuan yang cukup dan benar dari ibu, perlengkapan pemerah ASI, serta dukungan lingkungan keluarga dan lingkungan tempat kerja (Sulastri and Suningsih, 2012).



B. Fisiologi Laktasi

Selama kehamilan hormon prolaktin dari plasenta meningkat tetapi ASI belum keluar karena pengaruh hormon esterogen yang masih tinggi. Kadar esterogen dan progesteron akan menurun pada saat hari kedua atau ketiga pasca persalinan, sehingga terjadi sekresi ASI. Pada proses laktasi terdapat dua reflek yang berperan, yaitu reflek prolaktin dan reflek aliran yang timbul akibat perangsangan dari isapan bayi.

Perubahan hormon selama hamil akan diikuti dengan perubahan payudara secara fisik pada masa kehamilan ukuran payudara akan bertambah besar. Untuk mempersiapkan payudara agar pada waktunya dapat memberikan ASI, esterogen akan mempersiapkan kelenjar dari saluran ASI dalam bentuk proliferasi, deposit lemak, air dan elektrolit, jaringan ikat semakin banyak dan mioepitel disekitar kelenjar *mammae* semakin membesar, sedangkan progesteron meningkatkan kematangan kelenjar *mammae* dengan hormon lain. Bersamaan dengan membesarnya kehamilan perkembangan dan persiapan untuk memberikan ASI semakin tampak dan areola *mammae* makin hitam.

Setelah melahirkan pengaruh penekanan dari esterogen dan progesterone terhadap hipofisis hilang. Namun, akan merangsang pengeluaran hormon prolaktin sebagai persiapan produksi ASI. Pada ibu menyusui di hari kedua dan selanjutnya cenderung lebih baik dari pada pertama, hal ini dikarenakan bahwa pada semua fungsi reproduksi dan "trial runs" (latihan) sebelum mencapai kemampuan optimal.



Laktasi atau menyusui mempunyai dua pengertian, yaitu produksi ASI (prolaktin) dan pengeluaran ASI (oksitosin), yang dikenal dengan refleks prolaktin dan reflex aliran (*let down reflex*). Dalam hal ini, pada ibu ada 2 macam refleks yang menentukan keberhasilan dalam menyusui bayinya. Refleks tersebut, refleks prolaktin dan reflek aliran.

Refleks prolaktin bekerja secara hormonal untuk memproduksi ASI. Saat bayi menghisap payudara ibu (*let down reflex*), terjadi rangsangan neurohormonal pada puting susu dan areola ibu. Hisapan bayi akan merangsang puting susu dan payudara, karena ujung saraf sensoris yang berfungsi sebagai reseptor mekanik. Rangsangan ini dilanjutkan ke hipotalamus melalui medulla spinalis hipotalamus dan akan menekan pengeluaran faktor penghambat sekresi prolaktin dan sebaliknya merangsang pengeluaran faktor pemacu sekresi prolaktin. Faktor pemacu sekresi prolaktin akan merangsang hipofise anterior sehingga keluar prolaktin. Rangsangan ini diteruskan melalui *nervus vagus*, diteruskan ke lobus anterior. Selanjutnya akan mengeluarkan hormon prolaktin, masuk ke peredaran darah dan sampai pada kelenjar-kelenjar alveoli, kemudian disalurkan ke duktus laktiferus dan sinus laktiferus untuk pengeluaran ASI (Mariyuani, 2016;Mardiana, 2016).

C. Penyimpanan Air Susu Ibu (ASI)

Air Susu Ibu (ASI) merupakan makanan sempurna untuk bayi, hasil evolusi dari jutaan tahun, menyesuaikan dengan baik rkan kebutuhan bayi. ASI mengandung beberapa protein lengkap,



lemak dan karbohidrat. Memiliki manfaat untuk melindungi bayi dari penyakit diare, otitis media, dan beberapa penyakit pernafasan (Ewaschuk *et al.*, 2011; Bertino, Giribaldi, Baro, Giancotti, Pazzi, Peila, Tonetto, Arslanoglu, Moro, *et al.*, 2013; Andreas, Kampmann and Mehring Le-Doare, 2015).

World Health Organization (WHO) menganjurkan pemberian ASI dilakukan sejak bayi lahir hingga berusia 6 bulan dan dilanjutkan hingga 2 tahun walaupun diselingi dengan makanan tambahan. Namun, pemberian ASI secara langsung tidak bisa dilakukan jika ibu sedang dalam keadaan bekerja, terpisah dengan bayinya dan tidak dalam kondisi sehat. Sehingga, ibu diharuskan untuk mengeluarkan ASI, kemudian disimpan agar dapat diberikan kepada bayi setelah bekerja (Ogundele, 2002a).

Penyimpanan ASI tidak hanya dilakukan oleh ibu di rumah melainkan di fasilitas kesehatan seperti Rumah sakit, NICU, dan Bank ASI bagi ibu yang ingin mendonorkan ASInya. Penyimpanan ASI bertujuan untuk memenuhi kebutuhan ibu dalam menyusui yang terpisah dengan bayinya. Beberapa permasalahan yang terjadi ketika ibu tidak bisa memberikan secara langsung kepada bayinya adalah saat ibu bekerja, ibu yang melahirkan bayinya dengan kondisi *premature* dikarenakan bayi yang belum memiliki reflek isap yang baik (Marín *et al.*, 2009; Lawrence and Lawrence, 2011; Bertino, Giribaldi, Baro, Giancotti, Pazzi, Peila, Tonetto,

glu, Morro, *et al.*, 2013).



Sebelum bekerja bayi harus disusui sampai kenyang. Selama berada di tempat kerja ibu bisa memerah ASI setiap 3 jam sekali dengan secara manual ataupun dengan menggunakan alat khusus. ASI hasil perahan dapat disimpan pada suhu ruang, lemari es atau *freezer*. ASI bisa tahan 2 jam apabila disimpan pada tempat yang bersih dalam suhu ruang.

1. Jenis – Jenis Penyimpanan ASI

Penyimpanan ASI yang paling banyak digunakan oleh ibu di rumah, di kantor, di rumah sakit maupun Bank ASI dengan menggunakan pendingin (kulkas atau *freezer*). Penyimpanan pendingin memiliki kondisi suhu yang berbeda dengan efek ketahanan ASI yang berbeda-beda. Sehingga membuat ibu dapat menyimpan ASI dalam jangka waktu yang lama.

a. *Refrigeratore* (Kulkas)

Penyimpanan ASI menggunakan kulkas adalah salah satu cara yang dilakukan oleh ibu untuk menyimpan ASInya. Dengan menggunakan suhu 4°C dapat membuat ASI bertahan 24 jam-96 jam sebelum diberikan kepada bayi (Igumbor *et al.*, 2000; El Din *et al.*, 2004; Ghoshal *et al.*, 2012a; Spitzer, Klos and Buettner, 2013; Ahrabi *et al.*, 2016; Peila *et al.*, 2017) .

b. *Freezer* (Beku)

Penyimpanan ASI dengan menggunakan freezer atau proses pembekuan pada suhu -15°C hingga mencapai – 80°C dapat menyimpan ASI 3 sampai dengan 12 bulan. Pembekuan ASI



biasa dilakukan di rumah dan fasilitas kesehatan rumah sakit hingga Bank ASI sebagai penyimpanan ASI dalam jangka waktu lama. Proses pembekuan pada ASI secara keseluruhan terbukti aman, tetapi mengakibatkan berkurang bahkan hilangnya komponen lemak seiring dengan lamanya waktu penyimpanan (Silvestre *et al.*, 2010; Slutzah *et al.*, 2010; Ramírez-Santana *et al.*, 2012; Sandgruber *et al.*, 2012; Sari *et al.*, 2012; Akdag *et al.*, 2014).

Hal ini disebabkan oleh adanya perubahan pada suhu, lama waktu penyimpanan, dan tempat yang digunakan untuk menyimpan ASI menjadi faktor yang menyebabkan berkurangnya komposisi ASI (Lawrence and Lawrence, 2011; García-Lara *et al.*, 2013; Mantziari *et al.*, 2017).

2. Suhu Penyimpanan ASI

Suhu penyimpanan ASI menjadi salah satu faktor penting dalam kualitas ASI. Beberapa Penelitian menunjukkan bahwa penyimpanan yang digunakan oleh beberapa ibu dan fasilitas kesehatan menggunakan suhu 4⁰c, -15⁰c, -20⁰c, dan -80⁰c. ASI merupakan cairan segar yang mengandung air dan lemak. Berbagai kandungan antioksidan, anti bakteri, *prebiotic*, *probiotic*, dan *system* imun serta beberapa keunikkan yang lainnya (Igumbor *et al.*, 2000; Marín *et al.*,

; Silvestre *et al.*, 2010; Molinari *et al.*, 2011; Spitzer, Klos and



Buettner, 2013; Takci *et al.*, 2013; Lönnerdal, 2013; Akdag *et al.*, 2014; Sari and Yerizel, 2014) .

Dengan berbagai kandungan yang ada di dalam ASI mengakibatkan ASI menjadi sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Penggunaan suhu yang rendah akan memberikan efek ASI bertahan lama. Sedangkan penggunaan suhu yang terlalu tinggi akan mematikan bakteri-bakteri patogen yang terkandung di dalam ASI, namun merusak kandungan lemak dan protein (Delgado *et al.*, 2013; Bransburg-Zabary, Virozub and Mimouni, 2015).

Tabel 2.1 Panduan Penyimpanan ASI

Lokasi Penyimpanan	Suhu	Rekomendasi Durasi Penyimpanan
Suhu Ruang	16-29 ⁰ c	Optimal 3-4 jam 6-8 jam apabila Teknik pengeluaran ASI bersih
Kulkas Pendingin	/ <4 ⁰ c	Optimal selama 72 jam 5-8 hari Teknik pengeluaran ASI bersih
Freezer	<-17 ⁰ c	Optimal selama 6 bulan hingga 12 bulan

Sumber : (The Academy of Breastfeeding Medicine Protocol Committee, 2010)

Beberapa efek penyimpanan ASI berdasarkan suhu yang digunakan (The Academy of Breastfeeding Medicine Protocol Committee, 2010) :

- a. ASI dapat disimpan dengan aman pada suhu kamar (10-29⁰C, 50-85⁰F). Penelitian berbeda menyarankan waktu yang optimal untuk

penyimpanan suhu kamar sangat bervariasi di antaranya pembersihan susu, teknik mengeluarkan ASI dan suhu ruangan yang digunakan. Suhu hangat berhubungan dengan jumlah bakteri yang



tumbuh lebih cepat dalam susu yang disimpan. Untuk suhu ruangan berkisar 27°C - 32°C ($29^{\circ}\text{C}=85^{\circ}\text{F}$), dengan lama penyimpanan 3-4 jam yang terbatas. Apabila dalam Teknik mengeluarkan ASI sangat bersih maka hanya sedikit bakteri yang terkandung di dalamnya, dan ASI akan bertahan lebih lama yaitu selama 6-8 jam pada suhu kamar yang lebih rendah.

- b. Beberapa studi telah dievaluasi bahwa susu dengan penyimpanan pada suhu 15°C (59°F), penyimpanan tersebut setara dengan pendingin kecil yang menggunakan *ice pack*. Beberapa peneliti menyarankan bahwa susu aman pada suhu 15°C selama 24 Jam, berdasarkan minimal pertumbuhan bakteri yang dicatat dalam sampel dari studi sebelumnya (Hamosh *et al.*, 1996)
- c. ASI yang disimpan dalam suhu 4°C dapat menyimpan ASI hingga 8 hari . Dalam suhu 4°C mengakibatkan beberapa komposisi ASI akan berkurang, seperti IL-10 (interlukin), Total Antioksidan, adrenomulin, asam askorbat, total vitamin C, penurunan kadar pH pada suhu 4°C . Beberapa studi telah menunjukkan bahwa pendingin ASI (4°C , 40°F) aman digunakan, baik dengan mengevaluasi kapasitas bakterisida susu yang disimpan sebagai penanda untuk kualitas susu atau dengan mengukur pertumbuhan bakteri dalam sampel susu disimpan. Kapasitas bakterisida yang

simpan dan didinginkan pada ASI menurun secara signifikan selama 48-72 jam. Namun, studi menyatakan bahwa ASI dengan



sedikit kontaminasi pada saat ekspresi menunjukkan aman dan rendah tingkat pertumbuhan bakteri dalam susu di 72 jam dan bahkan setelah 4-8 hari (Slutzah *et al.*, 2010; Ghoshal *et al.*, 2012a; Spitzer, Klos and Buettner, 2013; LLLI, 2014; Aksu *et al.*, 2015; Peila *et al.*, 2017).

- d. ASI yang disimpan dengan suhu -15°C dapat menyimpan ASI selama 2 minggu. Penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penyimpanan ASI pada suhu -15°C mengakibatkan adanya perubahan terhadap kualitas ASI dalam hal protein, total mikroba, tingkat keasaman, warna dan aroma. Penurunan kadar protein akan menurun pada hari ke-12. Peningkatan total koloni bakteri terjadi pada hari ke-12. Penurunan nilai pH, perbedaan warna ASI setelah dicairkan menjadi tidak homogen sehingga terlihat warna ASI menjadi putih susu kekuningan terpisah bagian atas dengan putih susu dan dominan encer atau cair bagian bawah. Aroma ASI mengalami perubahan di hari ke-12 dengan aroma agak anyir disertai bau logam mendekati aroma santan kelapa (LLLI, 2014; ABA, 2017; Siahaya and Talarima, 2017).
- e. Pada suhu -20°C terjadi perubahan berupa kadar pH menurun, kadar faktor bioaktif menjadi rendah, laktoferin menurun hingga 65%, total antioksidan, interleukin-10, dan dapat merubah sifat ASI

menjadi sitotoksi (Chang, Chen and Lin, 2012; Ramírez-Santana *et al.*, 2012; Chang *et al.*, 2013; Penn *et al.*, 2014; Aksu *et al.*, 2015).



f. Penyimpanan ASI ada suhu -80°C mayoritas digunakan oleh Bank ASI yang menyediakan Air Susu Ibu yang berasal dari ibu pendonor dan disimpan dalam jangka waktu yang lama. Penyimpanan dengan suhu yang sangat minimal akan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan bakteri patogen tetapi dapat merusak beberapa komponen protein dan lemak (Silvestre *et al.*, 2010; Sari *et al.*, 2012; Bertino, Giribaldi, Baro, Giancotti, Pazzi, Peila, Tonetto, Arslanoglu, Moro, *et al.*, 2013; Dumm *et al.*, 2013; Akdag *et al.*, 2014).

3. Lama Penyimpanan ASI

Salah satu efek menyimpan terlalu lama ASI di dalam pendingin atau suhu ruangan akan merusak komponen ASI dan merubah bentuk ASI itu sendiri. Asam lemak omega-3. Menyimpan ASI di dalam pendingin dengan lama penyimpanan selama 2 bulan akan mengurangi total vitamin C (Buss *et al.*, 2001; Lozano *et al.*, 2014). Kandungan karbohidrat akan menurun seiring dengan lama penyimpanan selama 1 minggu. Hal ini dikarenakan lama penyimpanan ASI berpengaruh pada pertumbuhan bakteri. Bakteri mampu mengurai karbohidrat yang ada pada susu, sehingga menyebabkan kandungan karbohidrat menjadi rendah (Pardou *et al.*, 1994; Hamosh *et al.*, 1996; Buss *et al.*, 2001; Bertino, Giribaldi, Baro, Giancotti, Pazzi, Peila, Tonetto, Arslanoglu, Morro, *et al.*, 2013; Lozano *et al.*, 2014; Aryani, Utami and M, 2016).



4. Tempat Penyimpanan ASI

Pada ibu menyusui bekerja atau kondisi ibu yang tidak bisa memberikan ASI secara langsung mengharuskan ibu untuk mengeluarkan ASInya baik secara manual maupun menggunakan pompa ASI. Setelah dikeluarkan ASI tersebut disimpan dalam suatu wadah berupa botol kaca atau kantong plastik. Walaupun payudara ibu merupakan tempat penyimpanan ASI yang ideal, tetapi ketika penyimpanan ASI dibutuhkan pada akhirnya terciptalah tipe tempat penyimpanan yang dapat digunakan (Ogundele, 2000; The Academy of Breastfeeding Medicine Protocol Committee, 2010; Janjindamai *et al.*, 2013).

Beberapa tipe tempat penampung ASI yang tersedia mengakibatkan ibu menyusui sangat penting untuk memilih tipe yang sesuai dan aman. Kaca dan tempat penyimpanan kecil yang terbuat dari baja sebelumnya telah digunakan sebagai penyimpanan ASI. Saat ini, plastik, gelas kaca masih digunakan, dan keduanya biasa digunakan di klinik atau di rumah saat ibu menyimpan air susunya (Janjindamai *et al.*, 2013; Takci *et al.*, 2013).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi tempat penyimpanan. Botol kaca dan bahan *polypropylene* memiliki efek yang serupa terhadap nutrisi larut dalam lemak di permukaan kontainer,

konentrasi antibodi A, dan jumlah sel darah putih di dalam penyimpanan. Menggunakan *polyethylene* sebagai wadah



penyimpanan ASI akan mengakibatkan penurunan ditandai (60%) pada immunoglobulin A. Kontainer berbahan baja akan mengakibatkan penurunan jumlah sel dan viabilitas sel bila dibandingkan dengan penggunaan *polyethylene* dan botol kaca. Beberapa kemungkinan yang terjadi adalah kontaminasi susu yang disimpan dalam tas *polypropylene* karena plastik dengan mudah mengalami kerusakan. Oleh karena itu, kantong plastik yang digunakan untuk penyimpanan ASI harus kokoh, baik, tertutup dan disimpan pada tempat aman dan minimal terjadi kerusakan (The Academy of Breastfeeding Medicine Protocol Committee, 2010; Kemenkes, 2015)

Beberapa Karakteristik dari tempat penyimpanan (L. D. Arnold, 1995)

- a. Penyimpanan susu dalam bentuk plastik. Penyimpanan ini terbuat dari *polyethylene* yang fleksibel dan bersih. Kantong plastik kecil yang dibuat untuk botol yang spesifik dan memuai jika tidak disimpan di dalam pembekuan dan berangsur-angsur mengalami kebocoran apabila dicairkan. Mudah mengalami kerusakan dan robek.
- b. Penyimpanan dengan botol plastik yang berbahan *polypropylene* atau *polycarbonate*. Botol plastik berbahan *polypropylene* lebih lembut dari pada botol plastik berbahan *polycarbonate*.

Penyimpanan berbahan *polypropylene* mudah tergores jika digunakan berulang kali. Sehingga, jika air susu ibu disimpan dalam



penyimpanan tersebut akan mudah terkontaminasi dengan berbagai bakteri. Bahan *polycarbonate* memiliki fungsi yang dapat digunakan berulang kali dan tidak rentan terhadap goresan. *Polycarbonate* merupakan sebuah bahan yang baru dalam menyimpan ASI, namun belum ada penelitian terkait dengan pengaruh bahan *polycarbonate* terhadap komponen ASI.

- c. Penyimpanan ASI berbahan botol kaca telah banyak digunakan dalam beberapa tahun terakhir. Botol gelas kaca yang digunakan berulang dapat memungkinkan retak dan pecah. Sama seperti dengan penyimpanan lainnya, fotodegradasi atau reaksi pecahan senyawa oleh adanya cahaya pada nutrisi di dalam ASI menjadi sebuah isu.
- d. Penyimpanan berbahan baja tahan karat sering digunakan oleh beberapa Negara. Namun, penyimpanan berbahan tersebut memiliki peningkatan resiko terjadinya kontaminasi dibandingkan dengan botol kaca.

Setiap tempat penyimpanan memiliki keuntungan dan kerugian. Pertanyaannya adalah tempat penyimpanan apa yang sesuai dengan suhu penyimpanan, durasi, dan tempat penyimpanan yang terbaik dalam melindungi komponen ASI (Takci *et al.*, 2013).



D. Microcontroller Arduino Nano

1. Pengertian *Microcontroller*

Dalam diskusi sehari-hari dan di forum internet, mikrokontroler sering dikenal dengan sebut μC , uC , atau MCU. Terjemahan bebas dari pengertian tersebut, bisa dikatakan bahwa mikrokontroler adalah komputer yang berukuran mikro dalam satu chip *Integrated Circuit* (IC) yang terdiri dari processor, memory, dan antarmuka yang bisa diprogram. Jadi disebut komputer mikro karena dalam IC atau *chip* mikrokontroler terdiri dari *Computer Processing Unit* (CPU) , *memory*, dan *Input/Output* (I/O) yang bisa kita kontrol dengan memprogramnya. I/O juga sering disebut dengan *General Purpose Input Output Pins* (GPIO) yang berarti : pin yang bisa kita program sebagai input atau output sesuai kebutuhan.

Microcontrollers adalah komputer chip tunggal yang dapat digunakan untuk sistem *real-time* kontrol. Dengan biaya yang relatif murah, satu chip dan mudah untuk program, secara tradisional telah diprogram menggunakan bahasa *assembly prosesor target*. Perkembangan terbaru dalam bidang elektro dan untuk program perangkat ini menggunakan bahasa tingkat tinggi seperti BASIC, PASCAL atau C. Oleh karena itu, control algoritma yang rumit dapat dikembangkan dan diterapkan di mikrokontroler.

Microcontrollers (pengendali mikro) pada suatu rangkaian elektronik berfungsi sebagai pengendali yang mengatur jalannya proses kerja dari sistem elektronik (Andrianto and Darmawan, 2016).



2. Arduino Board

Board Arduino terdiri dari hardware / modul mikrokontroler yang siap pakai dan *software Integrated Development Environment (IDE)* yang digunakan untuk memprogram sehingga kita bisa belajar dengan mudah. Kelebihan dari Arduino yaitu kita tidak direpotkan dengan rangkaian minimum sistem dan *programmer* karena sudah *built in* dalam satu *board*. Oleh sebab itu kita bisa fokus ke pengembangan sistem.



Gambar 1. Board Arduino Nano

Sumber : store.arduino.cc/Arduino-nano

Arduino adalah *platform open source* elektronik berdasarkan kemudahan dalam menggunakan *hardware* dan *software*. *Arduino board* mampu membaca input cahaya pada sensor, jari pada tombol, atau sebuah pesan *twitter* dan mengubahnya menjadi *output*, kemudian mengaktifkan motor, menyalakan *Light Emitting Diode (LED)*, penerbitan secara *online*. Dengan Arduino dapat memberitahu forum Anda apa yang harus dilakukan dengan mengirimkan serangkaian instruksi untuk papan mikrokontroler. Untuk melakukannya dapat menggunakan Arduino

aman bahasa (berdasarkan kabel), dan Arduino perangkat lunak serta berdasarkan pengolahan (Andrianto and Darmawan, 2016).



Selama bertahun-tahun Arduino telah menjadi otak dari ribuan proyek, dari sehari-hari, benda-benda untuk instrumen, ilmiah yang kompleks. Komunitas di seluruh dunia berkumpul, siswa, penggemar, seniman, *programmer*, dan profesional berkumpul di sekitar ini *platform open-source*, kontribusi mereka telah menambahkan hingga jumlah luar biasa pengetahuan dapat diakses yang dapat sangat membantu bagi pemula dan mahir.

Arduino dilahirkan di Institut desain interaksi Ivrea sebagai alat yang mudah untuk *prototype* cepat, ditujukan untuk mahasiswa yang tidak memiliki latar belakang dalam bidang Teknik elektro dan pemrograman. Segera setelah itu akan meyebar di masyarakat yang lebih luas, *Arduino Board* mulai berubah untuk beradaptasi dengan kebutuhan-kebutuhan yang baru dan beberapa tantangan, membedakan tawaran dari sederhana 8-bit papan untuk produk-produk untuk aplikasi IoT, dapat dipakai, 3D pencetakan, dan tertanam lingkungan. Semua perangkat Arduino sepenuhnya *open source*, memberdayakan pengguna untuk membangun aplikasi mandiri dan akhirnya dapat beradaptasi kepada pemula dengan kebutuhan. Perangkat lunak arduino juga merupakan *open-source* dan berkembang melalui kontribusi dari pengguna di seluruh dunia.

Untuk praktek perangkat Arduino dengan menggunakan *project board* (ada yang menyebutnya dengan istilah *bread board*) dan beberapa kabel

untuk menghubungkan antara komponen dan Arduino Dengan *board* tidak perlu menyolder rangkaian sehingga relatif mudah dan



cepat dalam merangkai. *Project board* memungkinkan untuk membangun dan membongkar rangkaian dengan cepat sehingga sangat cocok untuk eksperimen. Tapi jika ingin membuat rangkaian yang permanen, maka harus menggunakan *Printed Circuit Board (PCB)*. Hal terpenting adalah, bahwa memahami jalur-jalur pada *project board*. *Project board* terdiri dari jalur vertikal dan jalur horisontal. Jalur vertikal ada di bagian tengah yang terdiri dari 2 x 64 jalur. Masing-masing jalur terdiri dari 5 titik vertikal, misal jalur 1A-1B-1C-1D-1E dan jalur 1F-1G-1H-1I-1J yang kedua tidak saling tersambung. Jalur horisontal sebanyak 8 jalur, 4 jalur ada di bagian atas dan 4 jalur lagi di bagian bawah. Jalur ini bisa digunakan untuk *power supply (VCC dan GND)* untuk rangkaian.

3. Kelebihan Penggunaan Arduino Nano

Perangkat Arduino merupakan perangkat sederhana dan mudah diakses. Arduino telah digunakan dalam ribuan proyek-proyek yang berbeda dan berbagai aplikasi. Perangkat lunak ini sangat mudah digunakan untuk pemula, namun cukup fleksibel untuk pengguna tingkat lanjut. Perangkat *software* ini dapat dijalankan pada *Mac, Windows, dan Linux*. Pendidik dan mahasiswa dapat menggunakan untuk membangun instrument ilmiah dengan biaya yang minimal, untuk membuktikan prinsip-prinsip fisika dan kimia atau untuk memulai sebuah pemrograman dan robotika.



ain dan arsitek membangun *prototype* interaktif, musisi dan dapat menggunakannya untuk instalasi dan untuk bereksperimen

dengan instrumen musik baru. Pencipta alat dapat menggunakannya untuk membangun banyak proyek dan dipamerkan di *Maker Faire*, misalnya Arduino adalah sebuah alat kunci untuk belajar hal baru. Anak, penggemar, seniman, *programmer* bisa mulai bereksperimen dengan hanya mengikuti petunjuk langkah demi langkah, atau berbagi ide melalui media *online* dengan anggota lain dari komunitas Arduino.

Ada banyak program *microcontrollers* dan mikrokontroler lainnya yang tersedia untuk komputasi fisik. *Paralaks Basic Stamp*, *Netmedia's BX-24*, *Phidgets*, *MIT Handyboard*, dan sebagainya. Beberapa di antaranya menawarkan fungsionalitas yang sama. Semua alat-alat ini mengambil rincian tidak beraturan dari program mikrokontroler dan menjadikan satu dalam sebuah paket yang mudah digunakan. Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan *microcontrollers*. Ada beberapa kelebihan dari penggunaan Arduino, yaitu :

- a. *Board* Arduino relatif murah dibandingkan dengan *platform* mikrokontroler lainnya. Bahkan perakitannya dapat dengan mudah dilakukan hanya menggunakan tangan.
- b. Arduino perangkat lunak atau *Integrated Development Environment* (IDE) berjalan pada sistem operasi Windows, Macintosh OSX, dan Linux. Kebanyakan sistem mikrokontroler terbatas untuk Windows.
- c. Sederhana, jelas lingkungan pemrograman. Perangkat lunak

Arduino (IDE) adalah perangkat yang mudah digunakan untuk pemula, namun cukup fleksibel untuk pengguna tingkat lanjut.



Untuk guru, kelebihan dari arduino didasarkan pada lingkungan pemrograman pengolahan, sehingga siswa belajar program lingkungan dan akrab dengan bagaimana Arduino IDE bekerja.

- d. *Extensible software*. Perangkat lunak arduino diterbitkan sebagai alat *open source*, tersedia untuk ekstensi oleh *programmer* berpengalaman dan terbuka untuk siapa saja. Bahasa program dapat diperluas melalui perpustakaan C++, dan orang-orang yang ingin mengerti rincian teknis dapat membuat lompatan dari Arduino AVR c, dengan bahasa yang didasarkan pemrograman. Demikian pula, guru dan mahasiswa dapat menambahkan AVR-C kode langsung ke program Arduino jika diinginkan..

E. Penyimpanan ASI dengan Menggunakan *Microcontroller Arduino*

Nano

1. Konsep Penyimpanan ASI dengan Menggunakan *Microcontroller Arduino Nano*

Menyusui merupakan aktivitas yang dilakukan segera setelah melahirkan hingga usia 6 bulan. Namun, bagi beberapa ibu yang tidak bisa menyusui secara langsung dikarenakan bekerja dan kondisi ibu atau bayi yang tidak baik menyebabkan ibu harus terpisah. Untuk memenuhi ASI eksklusif selama 6 bulan pertama ibu diharuskan untuk tetap

arkan ASInya kemudian di simpan dalam suatu tempat. Kegiatan diharapkan dapat membantu ibu dalam memenuhi ASI untuk (Ahrabi *et al.*, 2016).



Penyimpanan ASI merupakan suatu wadah yang dapat digunakan oleh ibu menyusui untuk menyimpan Air susunya dan dipergunakan setelahnya. Penyimpanan ASI saat ini lebih banyak menggunakan konsep pendingin dengan perangkat kulkas 1 pintu atau kulkas kombinasi antara pendingin dan pembekuan. Suhu penyimpanan dengan kisaran -15°C . Tidak banyak yang mengetahui bahwa proses pendingin ASI yang bertujuan untuk menyimpan ASI dan sewaktu-waktu dapat diberikan kepada bayi memiliki efek terhadap komposisi ASI. ASI yang memiliki kandungan gizi lengkap *sensitive* terhadap adanya perubahan suhu (Evans *et al.*, 1978; Williamson and Murti, 1996; Lawrence, 1999; Igumbor *et al.*, 2000; The Academy of Breastfeeding Medicine Protocol Committee, 2010; Delgado *et al.*, 2013; Friel, San-Juan and Abramovich, 2013; Penn *et al.*, 2014; Bransburg-Zabary, Virozub and Mimouni, 2015).

Konsep penyimpanan ASI *cooling and warming* di buat dengan mengkombinasikan suhu dingin 4°C dan suhu hangat 30°C dengan lama penyimpanan selama 96 jam pada suhu 4°C dan 6-8 jam pada suhu 30°C dalam satu tempat penyimpanan yang diatur oleh perangkat microcontroller arduino nano. Perangkat microcontroller arduino nano merupakan perangkat hardware dan software yang berperan dalam mengatur suhu penyimpanan ASI. Selain itu, desain pemompa ASI yang langsung terhubung dengan tempat penyimpanan ASI akan

halkan kontaminasi bakteri dari luar.



Suhu 4°C dianggap sebagai suhu minimal yang mempunyai efek yang minimal terhadap perubahan komposisi pada ASI yang segar dengan lama penyimpanan hingga 72 - 96 jam. Penelitian membuktikan bahwa bayi yang diberikan ASI setelah disimpan selama 96 jam, tidak akan mengubah komposisi asam lemak yang dikandung dalam ASI dan pada dasarnya sama seperti bayi yang diberikan ASI secara langsung melalui payudara ibu (Björkstén *et al.*, 1980; Garza *et al.*, 1982; Pardou *et al.*, 1994; Slutzah *et al.*, 2010; Bertino, Giribaldi, Baro, Giancotti, Pazzi, Peila, Tonetto, Arslanoglu, Moro, *et al.*, 2013)

Suhu 30°C merupakan suhu dengan penyimpanan hangat. Penelitian membuktikan bahwa untuk suhu ruangan berkisar 27°C-32°C (29°C=85°F), dengan lama penyimpanan 3-4 jam yang terbatas. Apabila dalam Teknik mengeluarkan ASI sangat bersih maka hanya sedikit bakteri yang terkandung di dalamnya, dan ASI akan bertahan lebih lama yaitu selama 6-8 jam pada suhu kamar yang lebih rendah (The Academy of Breastfeeding Medicine Protocol Committee, 2010).

Penerapan suhu 30°C selain bertujuan sebagai penyimpanan yang disesuaikan pada suhu ruangan, akan berfungsi sebagai penghangat ASI yang sebelumnya di simpan dalam suhu 4°C. Penelitian membuktikan bahwa dalam menghangatkan ASI yang melebihi suhu 40°C akan menurunkan nutrisi dan immunoglobulin (Bransburg-Zabary, Virozub and

, 2015).



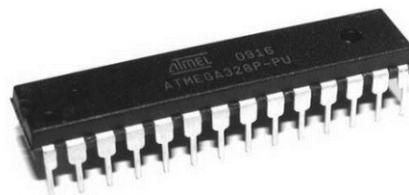
Model penyimpanan ASI yang dirancang menggunakan bantuan *microcontroller Arduino nano* yang merupakan sebuah perangkat keras dan lunak. Dengan menggunakan *system* pengendalian suhu yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan ibu dalam menyimpan ASI. Peneliti sebelumnya mengungkapkan bahwa dengan menggunakan komponen mikrokontroler Arduino dapat membuat sebuah alat untuk pasteurisasi ASI dengan metode *flash heating* secara otomatis dengan sistem pengendalian suhu (Prawira *et al.*, no date).

2. Material Penyimpanan ASI Penyimpanan ASI dengan Menggunakan *microcontroller arduino nano*

Material atau bahan yang digunakan dalam pembuatan model penyimpanan ASI dengan menggunakan *microcontroller arduino nano* adalah :

a. Arduino AT-MEGA 328

Microcontrollers ATMEGA-328 arduino ini dapat digunakan untuk beberapa jumlah aplikasi. *Microcontrollers* arduino ini secara luas digunakan dalam industri otomatisasi untuk mengendalikan proses dan bekerja sistem dalam mode otomatisasi.



Gambar 2. ATMEGA328

Sumber : store.arduino.cc/Arduino-nano



b. Sensor suhu Thermistor

Sensor suhu thermistor adalah sensor *temperature* paling banyak digunakan untuk praktik, karena selain harganya cukup murah, linearitasnya lumayan bagus. Dapat beroperasi pada suhu -55°C hingga 125°C . Mekanisme kerja sensor suhu thermistor adalah dengan mengukur dan mengkonversi output dari thermistor menjadi suhu. Setelah dikonversi, kemudian dihitung berdasarkan tegangan referensi yang digunakan dan diubah menjadi celcius, lalu mengirimkan ke computer melalui komunikasi serial .



Gambar 3. Sensor suhu thermistor

Sumber : store.arduino.cc/Arduino-nano

c. *Peltier* (pengontrol suhu dingin)

Pemakaian efek peltier dapat diaplikasikan untuk pendinginan dengan beban pendingin kecil. Penelitian sebelumnya mengemukakan bahwa efek peltier sudah mampu mendinginkan minuman kaleng atau mineral botol .

d. *Heater* (Pemanas)

Pemakaian sensor panas (*heater*) diaplikasikan untuk memanaskan

r dengan menggunakan elemen panas yang dikendalikan oleh



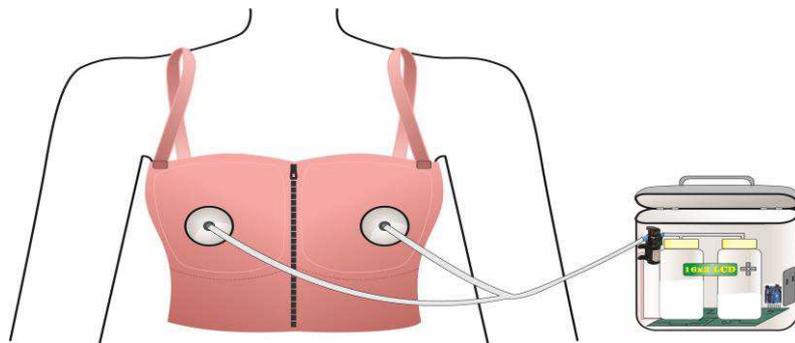
arduino yang juga akan berfungsi sebagai sterilikator penyimpanan ASI.

e. Botol kaca penampung ASI berbahan *Pyrex*

Penampung ASI yang digunakan adalah botol kaca berbahan *pyrex*. Keuntungan dari menggunakan botol *pyrex* salah satunya adalah lemak yang terdapat pada ASI tidak mudah menempel pada botol, dapat digunakan berulang, dan direkomendasikan untuk menyimpan ASI dalam jangka waktu yang tidak lama dibandingkan dengan menggunakan bahan *polyethylene* (Kemenkes RI, 2015b).

f. Selang silicon food grade hose

Selang berbahan silicone elastomer yang aman untuk dilewati oleh makanan dan minuman.



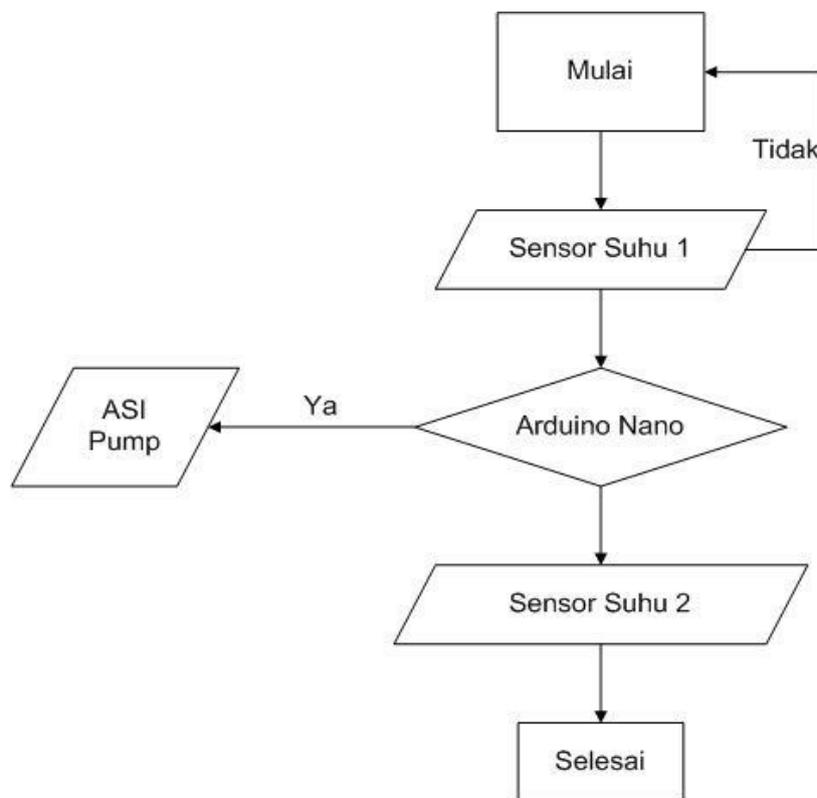
Gambar 4. Model Penyimpanan ASI dengan *Microcontroller Arduino Nano*

3. Cara Kerja Model Penyimpanan ASI dengan *Microcontroller Arduino Nano*



angkat arduino nano merupakan suatu perangkat *prototype* k berbasis mikrokontroler yang fleksibel dan *open source*,

perangkat keras dan lunaknya mudah digunakan. *Board* ini akan mudah mempelajari pengendalian dengan mikrokontroler atau pengontrol. Model penyimpanan ASI menggunakan perangkat arduino untuk mengendalikan suhu yang diinginkan.

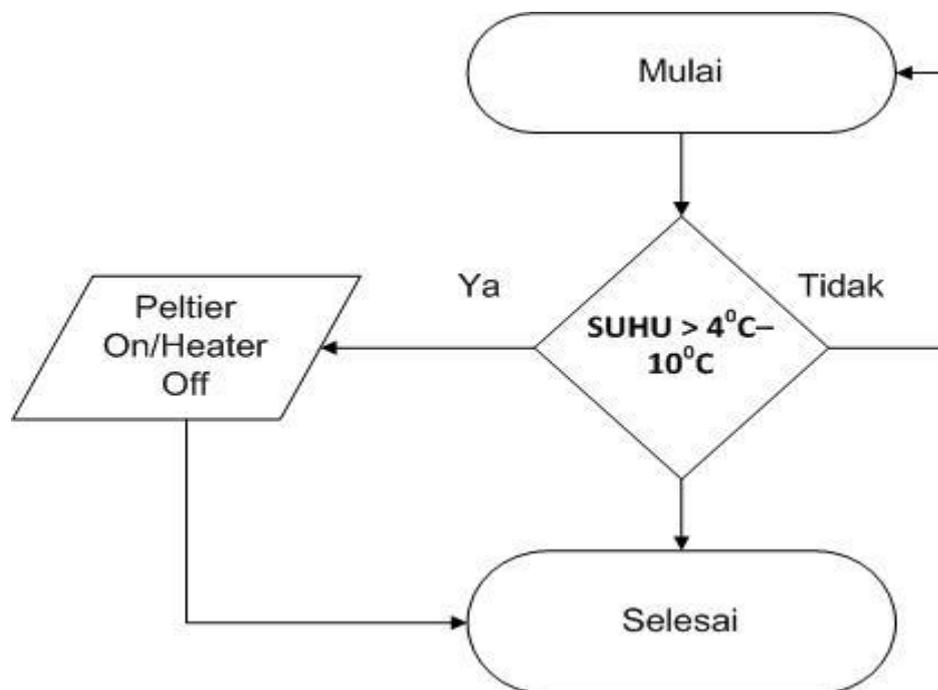


Gambar 5. Alur Cara Kerja Model Penyimpanan ASI dengan *Microcontroller Arduino Nano*

Awal kerja program akan mengaktifkan sensor suhu 1 yang berfungsi untuk mengukur suhu tubuh ibu. Sensor suhu 1 yang bertugas mendeteksi suhu tubuh ibu bertujuan untuk mengatur range suhu pada storage agar ASI yang keluar dari tubuh memiliki tetap memiliki suhu yang sama dan mengalami perubahan temperatur secara ekstrem ketika berada di storage. Setelah Sensor suhu 1 mengirim data ke arduino dan



mendeteksi suhu ibu, selanjutnya akan mengaktifkan Pump. Arduino nano mengirimkan sinyal ke sensor suhu 2 untuk memonitor suhu di dalam *storage*.

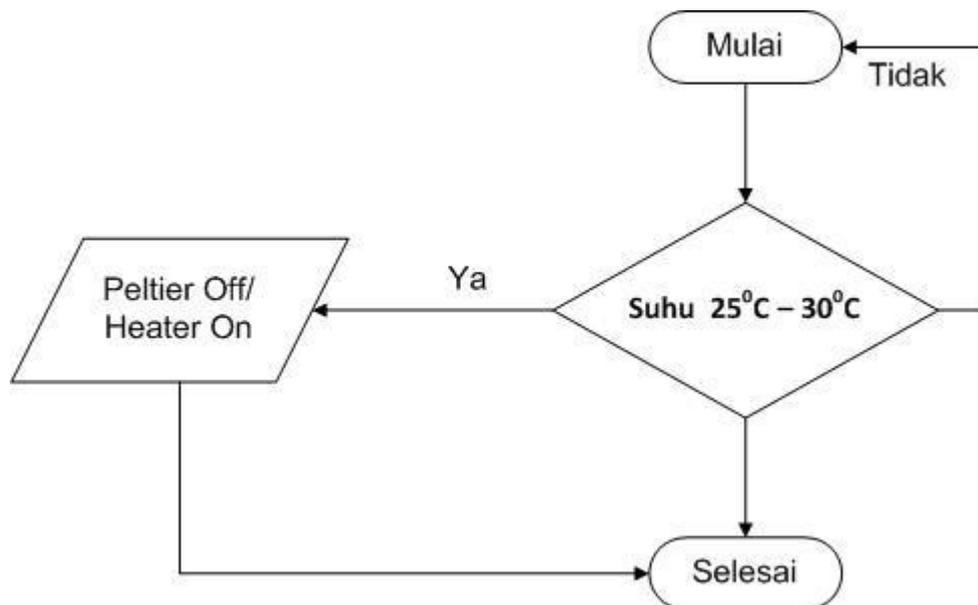


Gambar 6. Alur Cara Kerja Penyimpanan ASI Pada Suhu 4°C dengan *Microcontroller Arduino Nano*

Saat proses *Storage* di mulai, maka sensor *storage* akan memonitor suhu jika sensor mendapatkan suhu *storage* lebih dari 4°C -10°C derajat maka *controller* (arduino) akan mengaktifkan dan menonaktifkan *heater*. Apabila proses *ready to service* di mulai maka sensor *storage* akan memonitor suhu *storage* jika sensor mendandapat suhu *storage* lebih rendah dari 25°C -30°C derajat maka *controller* (arduino) akan

ivkan *heater* dan menonaktifkan *peltier*.





Gambar 7. Alur Cara Kerja Penyimpanan ASI Pada Suhu 30°C dengan *Microcontroller Arduino Nano*

4. Keunggulan dan Kelemahan

Keunggulan dari penyimpanan ASI dengan *microcontroller arduino nano* :

- Fungsi alat yang menggabungkan sebagai penyimpanan dan pompa ASI.
- Penyimpanan yang terhubung langsung dengan pemompa ASI sehingga meminimalisir kontaminasi bakteri dari luar serta menjadikan durasi penyimpanan menjadi lebih lama.
- Sensor suhu yang stabil diatur oleh *microcontroller arduino nano*.



menggunakan suhu minimal 4°C dan maksimal suhu 30°C
 menggunakan daya listrik yang rendah.

- f. Menggunakan *system* pemulihan tenaga secara otomatis apabila aliran listrik dalam keadaan mati.
- g. Menggunakan *portable charger* sehingga dapat diisi sesuai dengan kebutuhan.
- h. Dapat dibawa ibu bekerja diluar daerah karena bentuknya yang dirancang minimalis.

Kelemahan dari penyimpanan ASI dengan *microcontroller arduino nano* :

- a. Alat ini belum diuji coba secara klinis.
- b. Menggunakan 2 botol *pyrex* dengan kapasitas masing – masing hanya menampung 100 ml.

F. Ketahanan ASI

Ketahanan ASI erat hubungannya dengan kualitas ASI, hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ketahanan ASI antara lain suhu penyimpanan, lama penyimpanan, dan tempat penampung ASI. Hal ini dikarenakan suhu penyimpanan dan lama penyimpanan akan memberikan pengaruh terhadap perubahan komposisi dan intensitas ASI (Hamosh *et al.*, 1996; Akinbi, Meinen-Derr, Auer, Ma, Pullum, Kusano, Krzysztof J. Reszka, *et al.*, 2010; Silvestre *et al.*, 2010). Ketahanan ASI dapat dilihat dari aroma dan warna yang merupakan sifat

ASI (Siahaya and Talarima, 2017).



1. Warna ASI

Warna ASI dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu, kolostrum, ASI transisi dan ASI Matur. Kolostrum merupakan cairan dengan viskositas kental dan berwarna kekuningan. ASI Transisi Pengujian warna ASI dapat dilakukan secara deskriptif dalam mengamati perubahan apa saja yang terjadi selama penyimpanan. Penelitian menunjukkan bahwa pengamatan warna ASI secara visual dapat terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Warna ASI dalam Penyimpanan

Lama Penyimpanan	Warna ASI
A0 (0 Hari)	Putih susu agak kekuningan
A1 (4 Hari)	Putih susu agak kekuningan
A2 (8 Hari)	Putih susu dengan dominan warna kuning lebih terlihat dibagian atas (tidak homogeny/menyatu)
A3 (12 Hari)	Putih susu dengan dominan warna kuning lebih terlihat dibagian atas (tidak homogeny/menyatu)

Sumber : (Siahaya and Talarima, 2017)

Pengamatan warna ASI secara visual oleh peneliti memperoleh hasil bahwa ASI yang disimpan selama 0, 4, 8 dan 12 hari tidak mengalami perubahan warna. Akan tetapi terlihat warna kuning yang lebih dominan dibagian atas ASI dan warna putih di bagian bawah.

2. Aroma ASI

Kualitas ASI tidak hanya dilihat dari warna, namun dapat diamati adanya perubahan aroma pada ASI tersebut. Beberapa penelitian tidak mengemukakan secara pasti karakteristik ASI berdasarkan aroma (Spitzer

ettner, 2010; Spitzer, Klos and Buettner, 2013). Penelitian



menunjukkan bahwa dalam pengujian aroma ASI dapat dilakukan dengan deskriptif berdasarkan tabel berikut :

Tabel 2.3 Aroma ASI dalam Penyimpanan

Lama Penyimpanan	Aroma ASI
A0 (0 hari)	Bau Khas ASI
A1 (4 hari)	Bau Khas ASI
A2 (8 hari)	Bau Khas ASI tidak terlalu agak tercium, lebih dominan bau anyir, seperti logam, bahkan mendekati seperti santan kelapa.
A3 (12 hari)	Bau Khas ASI tidak terlalu tercium, lebih dominan bau agak anyir, seperti logam bahkan mendekati seperti santan kelapa.

Sumber : (Siahaya and Talarima, 2017)

Berdasarkan hasil penelitian, aroma ASI yang muncul setelah ASI disimpan pada suhu - 15°C selama 0 hari hingga 4 hari adalah aroma khas ASI. Pada penyimpanan hari ke 8 dan hari ke-12 terjadi perubahan aroma. Tercium aroma agak anyir disertai bau logam dan aroma yang mendekati aroma santan kelapa.

Penelitian menunjukkan bahwa pada penyimpanan dengan suhu - 19°C aroma ASI mengalami perubahan yang cukup drastis dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu 4°C. Aroma ASI yang tercium pada suhu -19°C seperti bau logam, ikan, lemak, dan seperti sabun. Sedangkan pada suhu 4°C selama 1 hingga 3 hari tidak menunjukkan perubahan seperti aroma ASI yang disimpan pada suhu 19°C (Spitzer and Buettner, 2010; Spitzer, Klos and Buettner, 2013).



3. Total Koloni Bakteri

Air Susu Ibu merupakan cairan penting untuk dikonsumsi oleh bayi. Bagi ibu bekerja melakukan aktivitas menyimpan ASI dalam jangka waktu yang lama tidak dapat dihindari. Penyimpanan ASI merupakan alternatif bagi ibu bekerja agar ASI dapat terjaga secara kualitas dan memenuhi kebutuhan ASI eksklusif bagi bayi. Tetapi proses penyimpanan ASI dapat mempengaruhi ASI dari segi mikrobiologi salah satunya adalah total koloni bakteri.

Penyimpanan ASI akan mempengaruhi kualitas ASI. Selain itu kemungkinan terjadinya kontaminasi bakteri dan pertumbuhan bakteri yang membuat ASI menjadi tidak segar sehingga tidak aman untuk dikonsumsi oleh bayi. Kondisi penyimpanan ASI yang dilakukan oleh ibu selama bekerja yang kemudian diberikan kepada bayinya terkadang kurang optimal. Kondisi penyimpanan yang optimal diperlukan karena ASI merupakan produk pangan dari manusia yang dalam hal ini dikategorikan sebagai hewan mamalia. Bahan pangan nabati relatif lebih tahan lama waktu simpannya daripada hewani. Hal ini berarti ASI sebagai produk hewani mamalia relatif pendek waktu simpannya sehingga untuk penyimpanan ASI perlu kondisi yang optimal dan sesuai dengan berbagai macam metode penyimpanan yang ada.

Pengukuran total koloni bakteri menggunakan Metode Cawan Tuang

menghitung Angka Lempeng Total (ALT). ALT merupakan jumlah bakteri mesofil per gram atau per milliliter dengan



menggunakan metode standar. Metode standar yang digunakan dalam SNI 7388:2009 adalah metode cawan tuang dengan menggunakan media agar. Batas maksimum nilai ALT yang dapat diterima berdasarkan SNI untuk bahan pangan jenis susu segar yang tanpa dipasteurisasi dan untuk dikonsumsi langsung adalah 5×10^4 (Badan Standarisasi Nasional, 2009). Pengukuran total koloni bakteri akan memberikan gambaran pertumbuhan mikroba aerob apabila ASI disimpan dalam waktu yang cukup lama sehingga dapat mengetahui ASI layak atau tidak untuk dikonsumsi.

Beberapa studi penelitian menunjukkan bahwa ASI yang disimpan pada suhu rendah akan memperlambat pertumbuhan mikroorganisme bakteri patogen dalam ASI dengan rata-rata $< 5 \times 10^4$ (Ogundele, 2002b; Cozta *et al.*, 2007; Marín *et al.*, 2009).

G. Kerangka Teori

Setelah melahirkan pengaruh penekanan dari estrogen dan progesteron terhadap hipofisis hilang. Namun, akan merangsang pengeluaran hormon prolaktin sebagai persiapan produksi ASI. Pada ibu menyusui di hari kedua dan selanjutnya cenderung lebih baik dari pada yang pertama, hal ini dikarenakan bahwa pada semua fungsi reproduksi diperlukan "*trial runs*" (latihan) sebelum mencapai kemampuan optimal.

Laktasi atau menyusui mempunyai dua pengertian, yaitu produksi ASI (*prolaktin*) dan pengeluaran ASI (*oksitosin*), yang dikenal dengan refleksi dan reflex aliran (*let down reflex*). Dalam hal ini, pada ibu ada 2



macam refleks yang menentukan keberhasilan dalam menyusui bayinya. Refleks tersebut, refleks prolaktin dan reflek aliran.

Refleks prolaktin bekerja secara hormonal untuk memproduksi ASI. Saat bayi menghisap payudara ibu (*let down reflex*), terjadi rangsangan neurohormonal pada puting susu dan areola ibu. Hisapan bayi akan merangsang puting susu dan payudara, karena ujung saraf sensoris yang berfungsi sebagai reseptor mekanik. Rangsangan ini dilanjutkan ke hipotalamus melalui medulla spinalis hipotalamus dan akan menekan pengeluaran faktor penghambat sekresi prolaktin dan sebaliknya merangsang pengeluaran faktor pemacu sekresi prolaktin. Faktor pemacu sekresi prolaktin akan merangsang hipofise anterior sehingga keluar prolaktin dan hipofise posterior mengeluarkan hormone oksitosin.

Rangsangan ini diteruskan melalui nervus vagus , terus ke lobus anterior. Lobus ini akan mengeluarkan hormon prolaktin dan hormone oksitosin, masuk ke peredaran darah dan sampai pada kelenjar-kelenjar alveoli dan sel mioepitel, kemudian disalurkan ke duktus laktiverus dan sinus laktiverus untuk pengeluaran ASI. ASI yang keluar dapat diberikan secara langsung kepada bayi dan disimpan dengan kondisi ibu tidak dapat memberikan ASI secara langsung dikarenakan bekerja atau kondisi bayi yang tidak dapat menyusui. Sehingga ASI yang keluar dapat disimpan untuk digunakan dilain waktu.

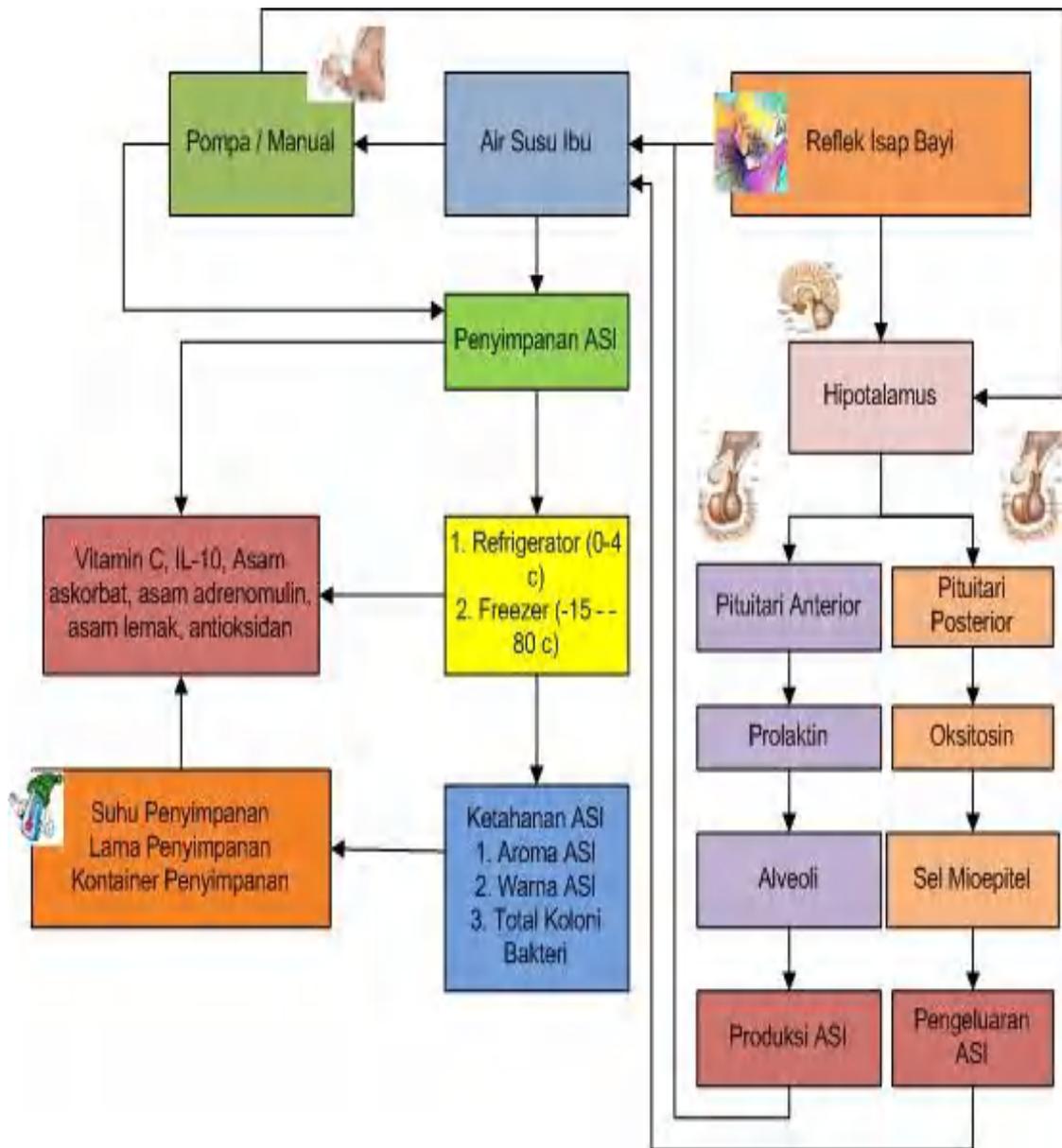


belum bekerja bayi harus disusui sampai kenyang. Selama berada
t kerja ibu bisa pemerah ASI setiap 3 jam sekali dengan secara

manual ataupun dengan menggunakan pompa elektrik. ASI hasil perahan dapat disimpan pada suhu ruang, lemari es atau *freezer*. ASI yang disimpan di dalam kulkas dapat bertahan hingga 96 jam dengan suhu 0-4°C dan freezer dengan suhu -15°C membuat ASI dapat bertahan hingga 3 bulan .

Penggunaan alat penyimpanan dengan suhu yang rendah mengakibatkan beberapa komponen gizi pada ASI terjadi perubahan meliputi vitamin C, Interlukin 10, asam askorbat, anti oksidan, immunoglobulin, asam lemak, dan asam adrenomedulin. Namun, kemungkinan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme bakteri cukup besar. Kerangka teori dalam penelitian ini adalah :





Gambar 8. Kerangka Teori Fisiologi Laktasi dan Penyimpanan ASI

Diadopsi dari beberapa sumber : (The Academy of Breastfeeding Medicine Protocol Committee, 2010; Maryuani, 2015; Mardiana, 2016; and Talarima, 2017).



H. Kerangka Konsep

Penyimpanan ASI merupakan suatu tempat yang dapat membantu dalam menyimpan ASI bagi ibu yang mengalami beberapa kondisi tertentu, seperti bekerja, tidak dapat menyusui secara langsung, dan kondisi bayi yang dalam keadaan prematur. Penyimpanan ASI dipengaruhi oleh suhu penyimpanan, lama penyimpanan, dan tempat penyimpanan. Suhu penyimpanan yang rendah dapat membuat ibu menyimpan ASI dengan waktu yang lama. Sehingga memungkinkan ibu untuk memberikan ASInya kapan saja.

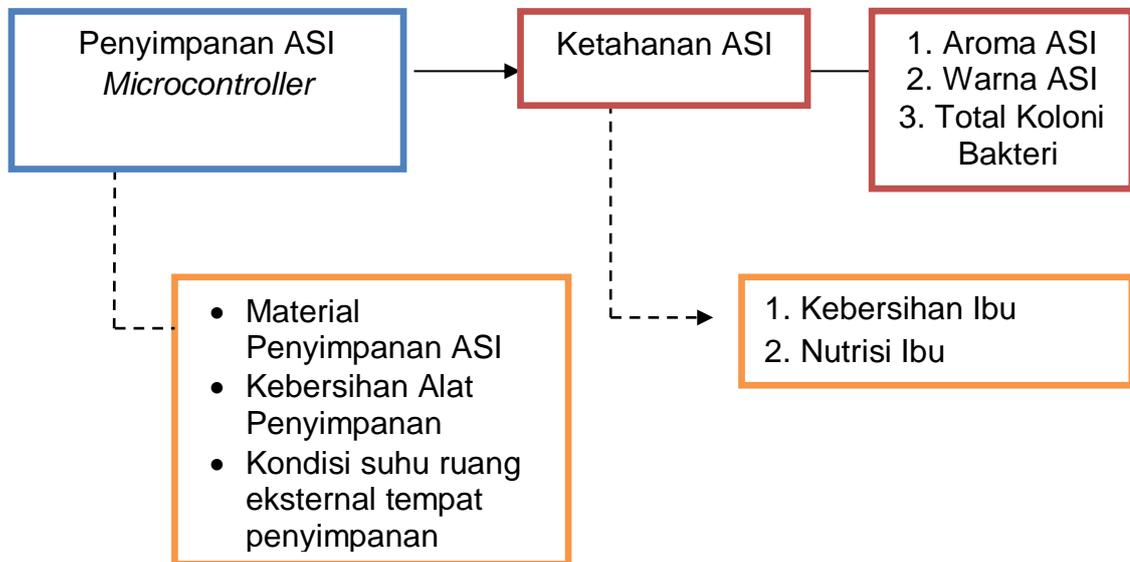
Suhu penyimpanan dan lama penyimpanan akan mempengaruhi beberapa komponen ASI. Komponen ASI tersebut dapat menurun dan bahkan hilang jika disimpan dalam suhu yang rendah dengan durasi penyimpanan yang panjang. Walaupun beberapa komponen ASI mengalami perubahan, tidak dengan total bakteri yang terkandung dalam ASI. Total bakteri yang terkandung dalam ASI tidak akan berkembang jika ASI disimpan dalam suhu yang rendah .

Penyimpanan ASI menggunakan mikrokontroler arduino nano merupakan teknologi tepat guna dalam kebidanan yang dirancang untuk menyimpan ASI pada suhu minimal 4°C selama 96 jam dan suhu 30°C selama 6-8 jam. Fungsi alat tidak hanya dirancang sebagai penyimpanan, namun dapat digunakan sebagai penghangat susu yang tidak lebih dari

sehingga meminimalisir kehilangan beberapa komponen ASI.



Penyimpanan ASI ini akan diuji ketahanan ASI dengan melihat karakteristik aroma dan warna ASI dan total koloni bakteri.



Gambar 9. Kerangka Konsep Penelitian

Keterangan :

- : Variabel independen
- : Variabel dependen
- : Variabel antara

I. Hipotesis penelitian

Adapun hipotesis dalam penelitian ini yakni,

1. Ada perbedaan aroma ASI Menggunakan Penyimpanan dengan *Microcontroller Arduino Nano*.
2. Ada perbedaan warna ASI Menggunakan Penyimpanan dengan *Microcontroller Arduino Nano*.
3. Ada perbedaan Total Koloni Bakteri ASI yang disimpan pada suhu

dan 4°C Menggunakan Penyimpanan ASI dengan *Microcontroller Arduino Nano*.



J. Definisi Operasional

Tabel 2.4. Definisi Operasional

Jenis Variabel	Definisi Operasional	Definisi Konsep	Dimensi	Alat Ukur	Indikator	Skala
Penyimpanan ASI dengan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	Penyimpanan ASI yang tersimpan di dalam botol berbahan pyrex terhubung langsung dengan pemompa ASI menggunakan perangkat <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	Penyimpanan ASI bertujuan untuk memenuhi kebutuhan ibu dalam menyusui yang terpisah dengan bayinya	1. Suhu 2. Lama Penyimpanan	Penyimpanan ASI dengan <i>Microcontroller Arduino Nano</i>	1. Suhu Penyimpanan 4°C dan 30°C 2. Lama penyimpanan suhu 4°C 0 jam dan 96 Jam Lama Penyimpanan suhu 30°C 0 jam dan 8 jam	Interval
Ketahanan ASI	Ketahanan ASI adalah kemampuan ASI bertahan dalam ruang penyimpanan	Ketahanan ASI adalah kualitas ASI	1. Aroma 2. Warna 3. Total Koloni Bakteri	1. Uji Organoleptik 2. Lembar Observasi dengan membandingk	1. Aroma ASI a. Ada Perubahan (Bau anyir, logam, amis)	Nominal



yang diatur oleh suhu penyimpanan, kontainer penyimpanan, waktu penyimpanan yang akan berpengaruh terhadap kualitas ASI.

an ASI yang diambil sebelum dilakukan penyimpanan

3. Lembar observasi dan Metode Cawan Tuang

b. Tidak ada perubahan (Bau khas ASI dan Tidak Berbau)

2. Warna ASI

a. Ada perubahan (kuning)

b. Tidak ada perubahan (berwarna putih)

Nominal

3. Total Koloni Bakteri

0 - 5×10^4 cfu/ml

Rasio

