



TESIS- RE 185401

**STUDI PELEPASAN AIR YANG TERSERAP SUPER
ABSORBENT POLYMER DALAM POPOK BAYI
SEKALI PAKAI**

**FADLILATIN NAILAH
0321 18500 10005**

**DOSEN PEMBIMBING
Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT, Ph.D**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan Dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**



TESIS-RE 185401

**STUDI PELEPASAN AIR YANG TERSERAP SUPER
ABSORBENT POLYMER DALAM POPOK BAYI SEKALI
PAKAI**

**FADLILATIN NAILAH
0321 18500 10005**

**DOSEN PEMBIMBING
Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT, Ph.D**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan Dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**



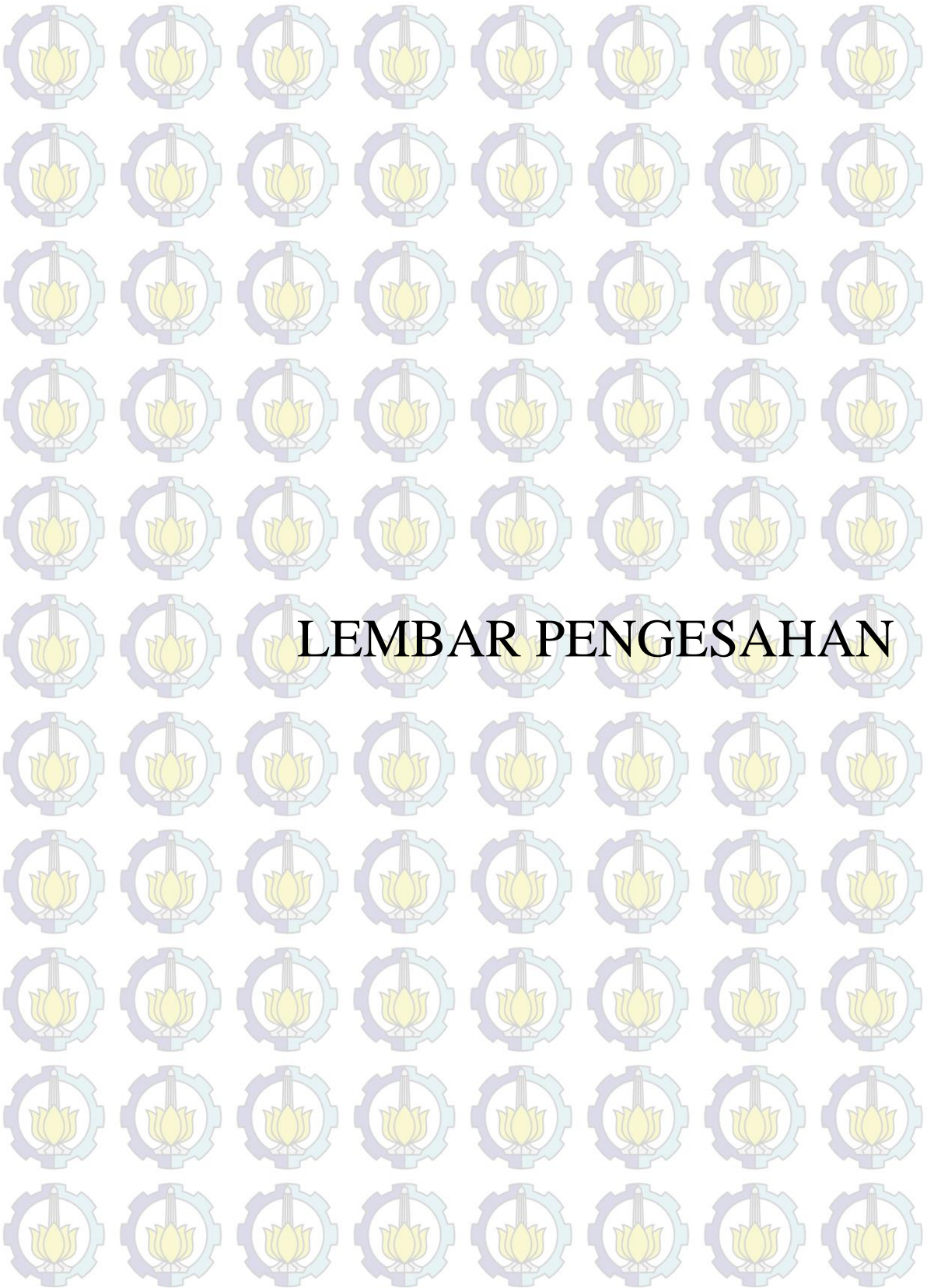
THESIS-RE 185401

**THE STUDY OF WATER RELEASE THAT IS ABSORBED BY
SUPER ABSORBENT POLYMER IN DISPOSABLE BABY DIAPERS**

**FADLILATIN NAILAH
0321 18500 10005**

**SUPERVISOR
Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT, Ph.D**

**DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty Of Civil, Planning And Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**



LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

FADLILATIN NAILAH

NRP: 03211850010005

Tanggal Ujian : 28 Juli 2020

Periode Wisuda : September 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT, PhD
NIP: 19750523 200212 2 001



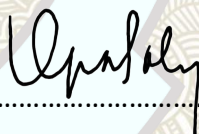
.....

Penguji:

1. Prof. Dr. Ir. Sarwoko M., MScES.
NIP: 19540824 198403 1 001
2. Dr. Ali Masduqi, ST., MT.
NIP: 19680128 199403 1 003
3. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, M.Sc., PhD.
NIP: 19600308 198903 1 001



.....



.....



.....

Kepala Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan



Dr. Eng. Arie Dipareza Syarif, ST, MEPM

NIP : 19820119 200501 1 001



ABSTRAK

**STUDI PELEPASAN AIR YANG TERSERAP *SUPER ABSORBENT*
POLYMER (SAP) DALAM POPOK BAYI SEKALI PAKAI**

Nama Mahasiswa : Fadlilatin Nailah
NRP : 03211850010005
Departemen : Teknik Lingkungan
Pembimbing : Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT, PhD

ABSTRAK

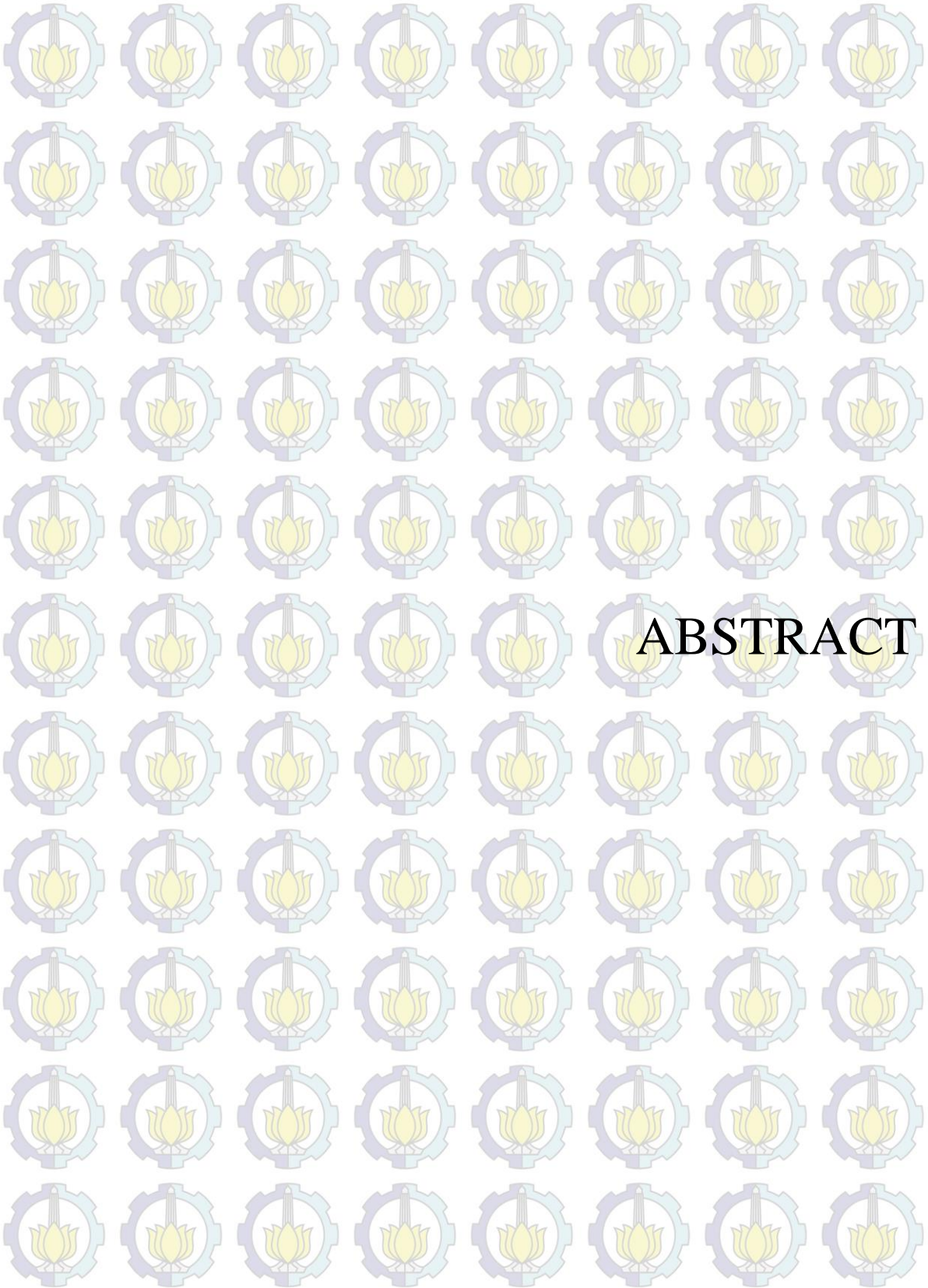
Penggunaan popok bayi sekali pakai sangat tinggi akhir-akhir ini. Popok bayi terdiri dari lapisan-lapisan penyusun, yaitu lapisan atas, akuisisi, inti, dan lapisan luar. Pada lapisan inti terdapat bahan penyerap utama yang disebut *Super Absorbent Polymer (SAP)*. Penggunaan SAP pada popok bayi sangat dibutuhkan. Akan tetapi, saat ini belum ada pengelolaan yang baik terhadap sampah popok tersebut. Hal ini menyebabkan ketidaksetimbangan dalam lingkungan dan lambat laun akan mencemari lingkungan. Kemampuan serap SAP sangat kuat, sehingga air yang sudah terserap susah untuk terlepas kembali. Salah satu cara untuk melepaskan kembali air yang terserap oleh SAP adalah adanya penambahan garam-garam higroskopis terhadap SAP.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan penambahan garam higroskopis yang optimum agar air yang terserap oleh SAP dapat terlepas kembali ke lingkungan. Penelitian dilakukan dengan uji pendahuluan terhadap SAP, untuk mengetahui jumlah SAP dan garam-garam higroskopis yang akan digunakan serta mengetahui laju pembengkakan (*swelling rate*) dari SAP. Variabel garam higroskopis yang digunakan yaitu natrium klorida (NaCl), kalsium karbonat (CaCO₃), dan pupuk urea. Setelah itu, dilakukan analisis dengan program *Design of Expert (DoE)* 6.0.10 untuk mendapatkan nilai optimum dari data penelitian untuk masing-masing jenis garam higroskopis yang digunakan. Selanjutnya dilakukan pengukuran air yang terlepas dengan metode pengukuran langsung menggunakan gelas ukur.

Hasil dari penelitian ini adalah adanya pengaruh penambahan garam higroskopis terhadap pelepasan air yang terserap oleh SAP. Jumlah optimum air yang dapat terlepas oleh SAP yaitu sebesar 386,108 mL/11,45 gr NaCl. Sementara

penambahan CaCO_3 dapat melepaskan air dari SAP sebesar 277,106 mL/100,13 gr CaCO_3 . Adapun jumlah optimum air yang terlepas oleh SAP akibat penambahan urea sebesar 70,86 mL/75,13 gr urea. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa garam NaCl adalah garam yang paling baik digunakan untuk melepaskan air yang terserap oleh SAP.

Kata kunci: garam higroskopis, popok sekali pakai, *super absorbent polymer*.



THE STUDY OF WATER RELEASE THAT IS ABSORBED BY SUPER ABSORBENT POLYMER (SAP) IN DISPOSABLE BABY DIAPERS

Student Name : Fadlilatin Nailah
Student ID Number : 03211850010005
Departement : Environmental Engineering
Supervisor : Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT, PhD

ABSTRACT

The use of disposable baby diapers was very high lately. Baby diapers consist of constituent layers, namely the top layer, acquisition, core, and outer layers. There was a main absorbent material called Super Absorbent Polymer (SAP) in the core layer. The use of SAP in baby diapers was highly needed. However, there was currently no good management of the diaper waste. This can cause imbalance in the environment and would gradually pollute the environment. SAP absorption ability was very strong, so that the water that has been absorbed was difficult to be released again. One of the way to release water that was absorbed by SAP was the addition of hygroscopic salts to SAP.

This research was conducted to determine the optimum addition of hygroscopic salt so that water which was absorbed by SAP can be released back to the environment. The study was conducted with the initial test of the SAP, to determine the number of SAP and hygroscopic salt that will be used in the experiment and also to determine the swelling rate of the SAP. The kind of hygroscopic salt for this research were sodium chloride (NaCl), calcium carbonate (CaCO_3), and urea. After that, the analysis by Design of Expert (DoE) 6.0.10 was conducted to determine the optimum value of the experiment data for each hygroscopic salt. Then, direct measurement of the water released was carried out using measuring beaker glass..

Based on the results, the best of on the water release from SAP occurred in addition of hygroscopic salt. The optimum number of water that could be released by SAP was 386,108 mL/11,45 gr NaCl. While the addition of CaCO_3 could release water from SAP as much as 277,106 mL/100,13 gr CaCO_3 . Meanwhile,

the optimum number of water that could be released by SAP due to the addition of urea was 70,86 mL/75,13 gr urea. Based on the experiment, NaCl was the best salt that can release water which is absorbed by SAP.

Keywords: hygroscopic salt, disposable diapers, Super Absorbent Polymer



KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah atas segala karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan karya ilmiah yang berjudul Studi Pelepasan Air yang Terserap oleh *Super Absorbent Polymer* (SAP) dalam Popok Bayi Sekali Pakai ini dengan baik.

Proses penyelesaian penelitian ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, ST., MT., PhD selaku dosen pembimbing atas segala nasihat, bimbingan, dan motivasi yang telah diberikan selama proses penyelesaian penelitian dan karya ilmiah ini.
2. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES, Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.,M.Sc,Ph.D, dan Dr. Ali Masduqi, ST, MT. selaku dosen penguji atas segala masukan dan saran yang diberikan.
3. Keluarga mahasiswa S2 Teknik Lingkungan angkatan 2018 atas segala dukungan moral maupun material selama perkuliahan hingga akhir penelitian. Kepada Mas M. Fauzul Imron dan Rosyida Inas sebagai rekan diskusi dalam analisis statistika maupun program DoE yang digunakan dalam penelitian, serta keluarga besar Ma'had Ahlul Qur'an Surabaya selaku keluarga kedua yang telah banyak memberikan semangat dan doa kepada penulis.

Rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga tercinta terkhusus Ayah Abd.Azis, Ibu Sitti Chafifah, dan adik Safira yang telah memberikan kasih sayang, doa, motivasi dan dukungan kepada penulis. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Surabaya, Juli 2020

Fadlilatin Nailah

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

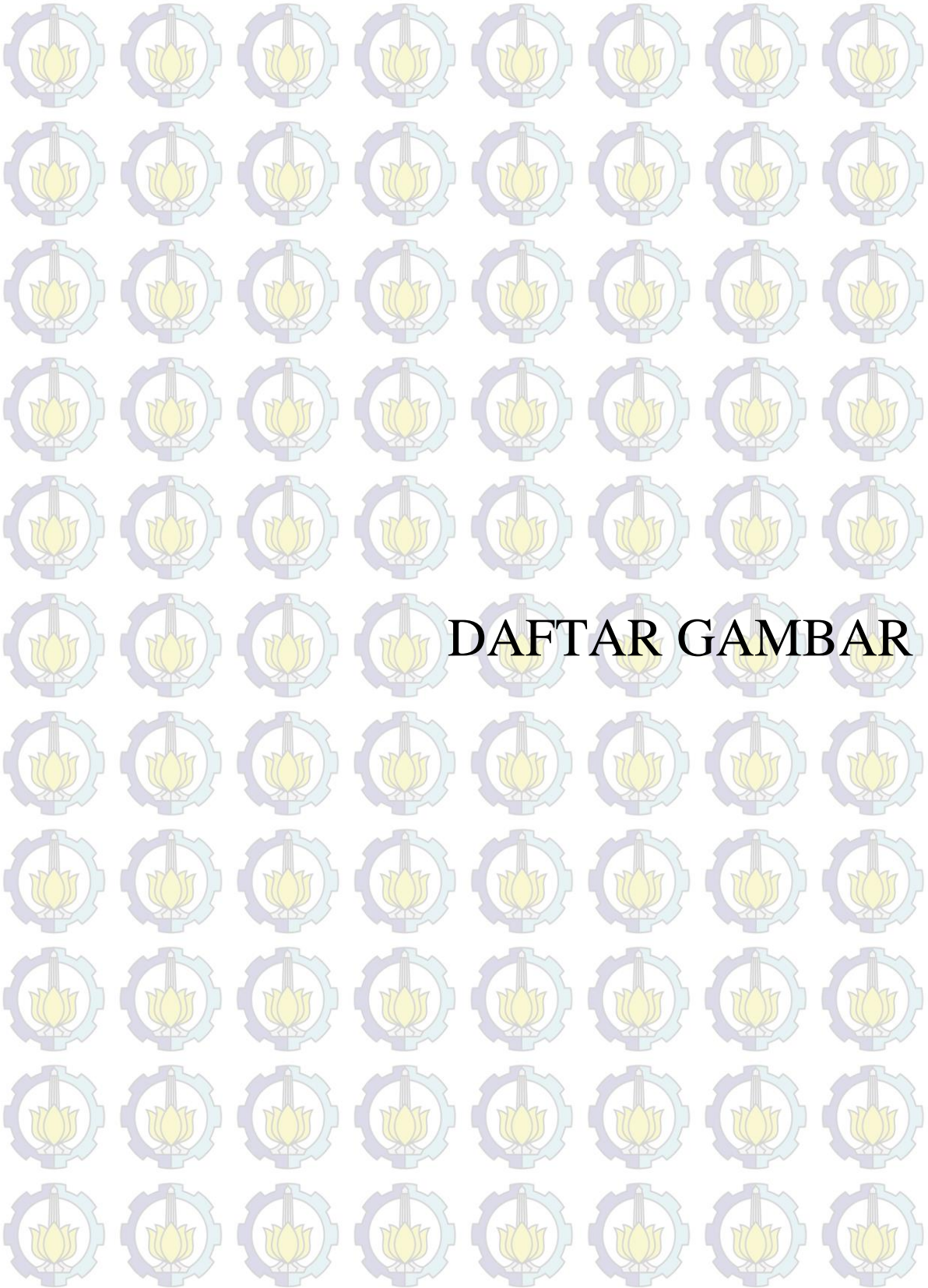


DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	i
ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Popok	5
2.2 Polimer.....	7
2.3 <i>Super Absorbent Polymer (SAP)</i>	7
2.4 Desorpsi	12
2.5 Natrium Klorida (NaCl).....	13
Tabel 2.3 Sifat Fisik NaCl Murni.....	14
2.6 Kalsium Karbonat (CaCO ₃)	15
2.7 Urea	16
2.8 <i>Design of Expert (DoE)</i>	17
BAB 3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Kerangka Penelitian.....	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	20

3.3 Langkah Penelitian	20
3.4 Variabel Penelitian	22
3.5 Metode Pengumpulan Data.....	24
3.6 Metode Analisis Data	24
3.7 Kesimpulan dan Saran.....	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Pengaruh jenis garam higroskopis, jumlah garam higroskopis, waktu pengadukan serta kecepatan pengadukan terhadap pelepasan air yang terserap oleh SAP	25
4.1.1 Uji Pendahuluan	25
4.1.2 Pengaruh Penambahan Garam-garam Higroskopis terhadap Pelepasan Air yang Terserap oleh SAP.....	29
4.2 Optimasi faktor jumlah garam higroskopis, waktu pengadukan serta kecepatan pengadukan untuk masing-masing jenis garam higroskopis dengan menggunakan program <i>Design of Expert (DoE) 6.0.10</i> metode <i>3-Level Factorial</i>	35
4.2.1 Memasukkan data ke dalam program	35
4.2.2 Analisis ANOVA.....	39
4.2.3 Uji Optimasi	46
BAB 5 PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran dan Rekomendasi.....	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN I.....	66
LAMPIRAN II.....	69
BIODATA PENULIS	71

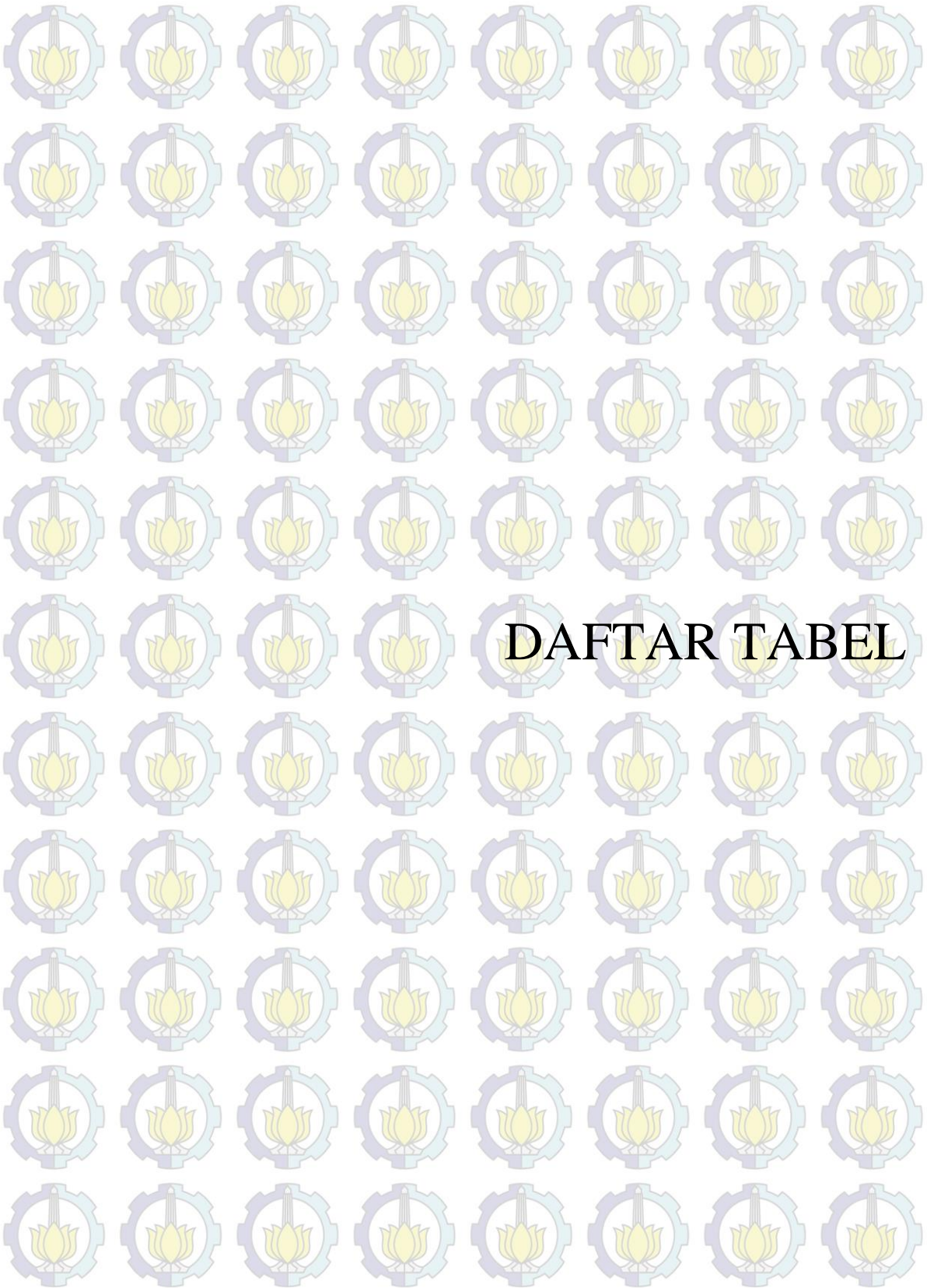


DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lapisan popok.....	6
Gambar 2.2 Ilustrasi Penyerapan air oleh SAP <i>acrylic</i>	8
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	19
Gambar 3.2 Reaktor penelitian	23
Gambar 4.1 Penghitungan jumlah SAP, uji <i>swelling rate</i> , dan uji <i>trial and error</i>	27
Gambar 4.2 Pengaruh penambahan NaCl terhadap pelepasan air dalam SAP	31
Gambar 4.3 Pengaruh penambahan CaCO ₃ terhadap pelepasan air dalam SAP	33
Gambar 4.4 Pengaruh penambahan urea terhadap pelepasan air dalam SAP	34
Gambar 4.5 Input data variabel ke dalam program DoE	36
Gambar 4.6 Model grafik penambahan NaCl terhadap pelepasan air dalam SAP	42
Gambar 4.7 Model grafik penambahan CaCO ₃	44
Gambar 4.8 Model grafik penambahan urea	46
Gambar 4.9 Pengaturan “ <i>goals</i> ” pada program DoE.....	47
Gambar 4.10 Pengaturan “ <i>option cycles per optimization</i> ” pada program DoE.....	47
Gambar 4.11 Contoh hasil optimasi.....	47
Gambar 4.12 Contoh Grafik hasil optimasi	48
Gambar 4.13 Hasil optimasi NaCl	48
Gambar 4.14 Grafik model hasil optimasi NaCl.....	49
Gambar 4.15 Hasil optimasi CaCO ₃	50
Gambar 4.16 Grafik model hasil optimasi CaCO ₃	51
Gambar 4.17 Hasil optimasi terhadap penambahan Urea	52
Gambar 4.18 Grafik model hasil optimasi Urea	52

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Popok Bayi	6
Tabel 2.2 Klasifikasi Polimer	7
Tabel 2.3 Sifat Fisik NaCl Murni.....	14
Tabel 3.1 Variasi dari setiap variabel penelitian.....	22
Tabel 4.1 SAP yang terkandung dalam beberapa Merek Popok Bayi	25
Tabel 4.2 <i>Trial and Error</i> menggunakan NaCl	27
Tabel 4.3 <i>Trial and Error</i> menggunakan CaCO ₃	28
Tabel 4.4 <i>Trial and Error</i> menggunakan Urea	28
Tabel 4.5 Jumlah air yang terlepas akibat penambahan NaCl	36
Tabel 4.6 Jumlah air yang terlepas akibat penambahan CaCO ₃	37
Tabel 4.7 Jumlah air yang terlepas akibat penambahan urea.....	38
Tabel 4.8 Bentuk transformasi model akibat penambahan NaCl.....	40
Tabel 4.9 Hasil analisis ANOVA penambahan NaCl	41
Tabel 4.10 Bentuk transformasi model akibat penambahan CaCO ₃	43
Tabel 4.11 Hasil analisis ANOVA penambahan CaCO ₃	43
Tabel 4.12 Bentuk transformasi model akibat penambahan urea	44
Tabel 4.13 Hasil analisis ANOVA penambahan Urea	45
Tabel 4.14 Hasil validasi terhadap penambahan NaCl.....	50
Tabel 4.15 Hasil validasi terhadap penambahan CaCO ₃	51
Tabel 4.16 Hasil validasi terhadap penambahan Urea	53
Tabel 4.17 Persen error hasil validasi NaCl	54
Tabel 4.18 Persen error hasil validasi CaCO ₃	54
Tabel 4.19 Persen error validasi urea	55

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



BAB I

PENDAHULUAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laju Pertumbuhan Penduduk (LPP) Indonesia masih tergolong tinggi, mencapai 1,39 % pada akhir tahun 2018. Hal ini berarti setiap tahun ada 4,2 - 4,8 juta bayi baru lahir di Indonesia dengan angka kelahiran total sebesar 2,4 anak per wanita (BKKBN, 2019). Peningkatan jumlah bayi lahir sebanding dengan penggunaan popok. Popok terdiri dari 2 macam, popok kain (*Cloth Diapers/ Reusable Diapers*) dan popok sekali pakai (*Disposable Diapers*). Seiring dengan era modernisasi, penggunaan popok sekali pakai lebih dipilih oleh para ibu. Hal ini dikarenakan, penggunaan popok sekali pakai memberikan kemudahan dan lebih praktis dibandingkan dengan popok kain. Rata-rata penggunaan popok sekali pakai pada bayi dalam sehari sebanyak 2-6 popok.

Popok sekali pakai merupakan sumber limbah padat terbanyak yang ditemukan di lingkungan setelah plastik. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara pendahuluan yang dilakukan, selalu ditemukan limbah popok bayi sekali pakai di Tempat Pembuangan sampah Sementara (TPS) maupun di Tempat Pembuangan sampah Akhir (TPA). Menurut Ratya (2017) menyatakan bahwa timbulan sampah popok sekali pakai di Kecamatan Rungkut sebanyak 289,7 ton/tahun. Selain itu, limbah popok bayi sekali pakai juga banyak ditemukan di daerah hilir dan muara. Hal ini sangat mengganggu masyarakat yang tinggal di daerah pesisir, karena limbah popok ini menghambat aliran air di muara sehingga mengakibatkan banjir dan mengganggu estetika lingkungan (Moelyaningrum, 2018).

Popok sekali pakai digunakan sebagai pelapis buang air kecil (BAK) dan buang air besar (BAB), karena memiliki daya serap air sehingga bayi tidak merasa basah saat BAK. Campbell, *et al* (1987) menyatakan bahwa keuntungan penggunaan popok sekali pakai yaitu dapat menurunkan kelembaban kulit bayi dan dapat mempertahankan pH normal. Hal ini dapat mencegah pertumbuhan

mikroorganisme. Hua (2001) mengemukakan bahwa kemampuan popok sekali pakai dalam menyerap air disebabkan adanya mekanisme *crosslinking* antara *sodium polyacrylate hydrogel* dan air. *Super Absorbent Polymer* (SAP) yang bergabung dengan *sodium polyacrylate* disintesis di bawah radiasi sinar gamma dan mekanisme absorpsi. Pengikatan air terjadi atas tiga tahap, yaitu penyerapan pada pori-pori, ionisasi, dan terjadinya pembesaran.

Popok sekali pakai tersusun atas *polyacrylate granule* dan *fiber* yang berasal dari *plastic hydrocarbon*, selulosa atau sintesis *pulp* dan pewangi *polychlorine dibenzodioxin*. Adanya bahan kimia tersebut menyebabkan popok sekali pakai membutuhkan 450 tahun untuk didegradasi di laut, dan 500 tahun untuk didegradasi di *landfill* (Tempat Pembuangan Akhir). Buzanowski *et al.* (1994) mengemukakan bahwa *sodium polyacrylate* yang termasuk SAP masih eksis di lingkungan walaupun sudah dibuat derivat secara pirolisis.

Menurut *Material Safety Data Sheet* (MSDS), SAP pada umumnya tergolong dalam material yang aman dan tidak toksik. Oleh karena itu, SAP juga banyak digunakan dalam industri konstruksi dan manufaktur, kesehatan, kelistrikan serta pertanian (www.venturecenter.co.in). Pada industri pertanian, penggunaan SAP (*Superabsorbent Polymers*) menjadi solusi pada budidaya tanaman yang memerlukan penyiraman terutama pada daerah dengan curah hujan rendah dan saat musim kemarau berlangsung, sehingga dapat mengurangi frekuensi penyiraman dan menghemat biaya budidaya. SAP adalah hidrogel atau bahan absorban yang mampu mengembang (*swelling*) dan menyerap air dalam jumlah besar seperti miniatur tempat penyimpanan air yang dapat memudahkan air yang terserap untuk digunakan oleh akar tanaman (Sayyari dan Ghabani 2012). Menurut Yazdani *et al.* (2007), penggunaan SAP pada kondisi musim kemarau dan kekurangan air dapat meningkatkan hasil tanaman kedelai dan penggunaan SAP dapat menggantikan biaya pembeliannya bahkan dapat menambah keuntungan baik digunakan pada kondisi teririgasi ataupun dalam kondisi cekaman air.

SAP memainkan peran penting dalam pertanian untuk menciptakan iklim di dalam tanah yang bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman sehingga penggunaan SAP sebagai *water absorbent* dapat berpengaruh terhadap sifat fisik,

kimia dan biologi tanah. Adapun pengaruh positif SAP terhadap sifat fisik tanah yaitu meningkatkan kapasitas memegang air, menghambat waktu titik layu permanent, menghindari fluktuasi cekaman kelembaban, dan memperbaiki aerasi tanah (Dehkordi, 2016). Sedangkan pengaruh positif terhadap sifat kimia dan biologi tanah yaitu meningkatkan C-organik, meningkatkan P dan K tersedia, meningkatkan N total dan meningkatkan populasi dan aktivitas mikroba tanah (El-Said *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2014). Penggunaan SAP akan sangat bermanfaat dalam menjaga kualitas lingkungan, khususnya di wilayah yang rawan kekeringan. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Indonesia mencatat bahwa pada Juli 2019, 20.269 hektar lahan pertanian berpotensi puso (gagal panen) akibat kekeringan (Kepala Pusat Data Informasi dan Humas BNPB dalam www.republika.co.id). Oleh karena itu, penggunaan SAP dapat menjadi salah satu strategi untuk mengatasi masalah kekeringan tersebut. Selain itu, jika dibiarkan begitu saja, SAP dapat mencemari lingkungan dan mengganggu biota yang ada di air, seperti ikan, kerang, dan lain-lain.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan studi mengenai pelepasan air yang terserap oleh SAP dalam popok bayi sekali pakai dengan melakukan penambahan garam-garam higroskopis. Hal ini bertujuan untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh SAP terhadap lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Keberadaan sampah popok bayi sekali pakai semakin meningkat. Selama ini belum ada pengelolaan dengan baik terhadap sampah tersebut. Oleh karena itu, sampah-sampah tersebut tersebar begitu saja di lingkungan, baik di TPA maupun di badan air. Di sisi lain, sampah popok bayi yang mengandung *Super Absorbent Polymer* (SAP) ini memiliki beberapa manfaat, khususnya di bidang pertanian. SAP dapat digunakan untuk menyerap air sebagai cadangan air saat musim kering. Air yang terserap SAP akan terlepas pada suhu, pH, dan kelembaban media tertentu (Zamani *et al.*, 2010). Selain itu, air yang terkandung dalam SAP bisa terlepas dengan penambahan garam-garam higroskopis. Akan tetapi saat ini belum ada data terkait pelepasan air tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan

dilakukan uji untuk mengetahui pengaruh penambahan garam higroskopis terhadap pelepasan air pada popok bayi sekali pakai.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan pengaruh jenis garam higroskopis, jumlah garam higroskopis, waktu pengadukan serta kecepatan pengadukan terhadap pelepasan air yang terserap oleh SAP.
2. Menentukan optimasi faktor jumlah garam higroskopis, waktu pengadukan serta kecepatan pengadukan untuk masing-masing jenis garam higroskopis dengan menggunakan *program Design of Expert (DoE) 6.0.10 metode 3-Level Factorial* untuk mencapai jumlah pelepasan air yang terbanyak.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah adanya informasi mengenai karakterisasi SAP yang digunakan dalam popok sekali pakai. Selain itu, hasil penelitian dapat digunakan dalam industri pertanian untuk mengatasi ketersediaan air pada musim kemarau atau ketersediaan air di daerah yang kering.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan sebagai obyek penelitian adalah popok bayi sekali pakai. Dalam hal ini popok yang digunakan adalah popok yang masih baru.
2. Penelitian dilakukan di rumah peneliti.
3. Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis garam higroskopis, jumlah garam higroskopis yang ditambahkan, serta waktu dan kecepatan pengadukan.
4. Parameter yang diuji adalah volume air yang terlepas dari SAP.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

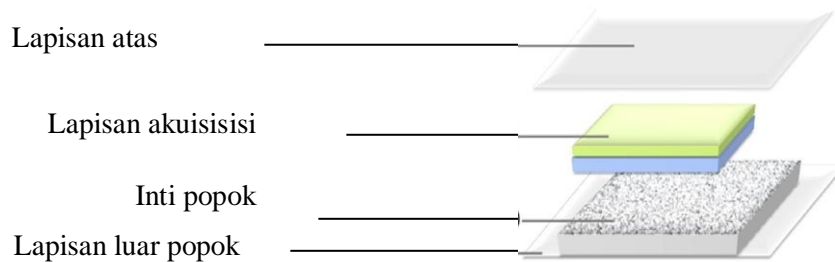
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Popok

Popok bayi sekali pakai telah memudahkan banyak orang di dunia. Sebanyak 4600-4800 popok sekali pakai diperkirakan telah digunakan dalam 3 tahun terakhir (Dey *et al.*, 2016). Komponen utama yang terkandung dalam popok bayi sekali pakai adalah polimer inert yang aman dalam jumlah absorbent tertentu. Struktur dasar dan komposisi dari popok bayi sekali pakai telah ditelaah sebelumnya. Popok bayi sekali pakai terdiri dari 4 lapisan fungsional (Kosemund *et al.*, 2009). Lapisan atas adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan kulit bayi. Lapisan ini tersusun dari polipropilen yang lembut dan berpori, yang berfungsi untuk mentransfer urin atau cairan lainnya ke lapisan di bawahnya. Menurut Baldwin *et al.* (2001), lapisan atas ini juga mengandung emollient atau pelembut untuk melindungi kulit bayi dari iritasi dan hidrasi berlebih. Lapisan kedua adalah lapisan akuisisi. Lapisan akuisisi tersusun dari selulosa dan poliester. Lapisan ketiga adalah lapisan inti popok. Lapisan inti popok atau lapisan penyerap terdiri dari gel *Super Absorbent Polymer* (SAP) yang mungkin dicampur dengan selulosa atau polimer berpori. Urin akan ditampung dalam struktur polimer tersebut. Lapisan keempat adalah lapisan luar popok. Lapisan ini terbuat dari kain polipropilen lembut yang dilapisi lembaran polietilen. Lapisan ini berfungsi untuk mencegah kebocoran cairan yang tertampung dalam popok. Lapisan-lapisan tersebut ditunjukkan dalam Gambar 2.1.

Popok bayi mengandung pulp selulosa yang dapat digunakan sebagai sumber karbon untuk membentuk energi yang diperlukan oleh mikroorganisme (Damayanti, 2010). Kadar C, N, dan C/N pada popok berturut-turut sebesar 51,094%, 0,699%, dan 65,468. Menurut Reswari (2013), kadar air dalam popok sebesar 40,899%.



Gambar 2.1 Lapisan popok

Sumber : Kosemund *et al.*, 2009

Menurut Colon *et al.* (2011), komposisi popok bayi sekali pakai sangat bervariasi terhadap bahan yang digunakan. Pada pengolahan sampah popok, perlu diperhitungkan juga kehadiran zat padat maupun cairan yang ada dalam popok. Berdasarkan penelitian terhadap komposisi popok bayi, didapatkan hasil sebagaimana yang ditunjukkan Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Popok Bayi

Bahan	Berat	Persentase Berat
	(gr)	(%)
Bahan non organik (SAP, polipropilen, polistiren, perekat, elastic, lain-lain)	0,027	12,74
Sellulosa	0,014	6,60
Feses	0,010	4,72
Urin	0,161	75,94
Total organik tanpa urin	0,024	11,37
Total organik dengan urin	0,185	87,43

Sumber : Colon, *et al.*, 2011

2.2 Polimer

Polimer berasal dari kata *poli* yang berarti banyak dan *mer* yang berarti satuan. Satuan kimia sederhana yang berulang dalam jumlah besar akan membentuk sebuah molekul polimer. Molekul polimer ini dapat terdiri dari satu atom atau lebih, biasanya berikatan secara kimiawi.

Menurut Ghosh (2003), polimer diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis yang ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

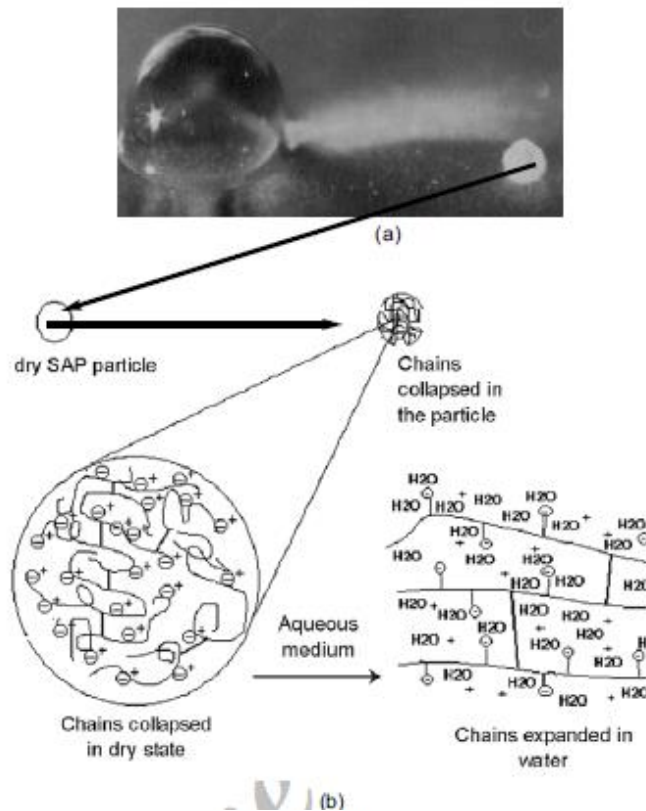
Tabel 2.2 Klasifikasi Polimer

Dasar Klasifikasi	Jenis Polimer
Asal	Alami, Semisintetis, Sintetis
Respon terhadap Suhu	<i>Thermoplastic, Thermosetting</i>
Cara pembentukan	Adisi, Kondensasi
Struktur garis	Linier, bercabang, ikatan silang
Sifat fisik dan penerapannya	Karet, plastik, serat
Taksisitas	<i>Isotactic, syndiotactic, atactic</i>
Kristalinitas	<i>Non crystalline (amorphous), semi-crystalline, crystalline</i>

Sumber : Ghosh, 2003.

2.3 Super Absorbent Polymer (SAP)

Super Absorbent Polymer (SAP) mewakili bahan polimer khusus yang dapat muncul dalam bentuk gel untuk menyerap air maupun larutan lainnya. SAP sering disebut juga *hydrogel*, dapat menyerap air sampai 1.000-100.000% yang mana kapasitas absorpsi dari *hydrogel* biasa tidak lebih dari 100%. Kapasitas absorpsi yang sangat tinggi inilah yang menyebabkan SAP digunakan dalam banyak industri, misalnya digunakan sebagai popok sekali pakai, penjaga kelembaban tanah, bantalan orang dewasa, sistem pengemasan dan pengiriman obat-obatan, dan perban untuk menyerap cairan saat proses operasi (Elliot, 2010). Berdasarkan Zohuriaan-Mehr (2008), ilustrasi dari sebuah SAP *acrylic* yang kering dan setelah menyerap air ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ilustrasi Penyerapan air oleh SAP *acrylic*, (a). Sebuah perbandingan visual dari SAP tunggal saat kering dan terendam air, (b). Skema Pembengkakan (*swelling*) dari SAP.

Sumber : Zohuriaan-Mehr, *et al.*, 2008.

2.3.1 Klasifikasi *Super Absorbent Polymer* (SAP)

SAP dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa sudut pandang (Braihi, 2017), yang dijelaskan sebagai berikut.

a. Berdasarkan struktur morfologis.

SAP dikelompokkan ke dalam bentuk serbuk, partikel, serat, emulsi, *spherical*, dan membran. Struktur morfologis ini disesuaikan dengan peruntukan penggunaan SAP. Sebagai contoh, pembalut wanita dan popok bayi menggunakan SAP dalam bentuk serbuk pada lapisan-lapisan penyusunnya. Sementara untuk deodoran, digunakan SAP dalam bentuk *spherical* dan partikel. SAP dalam bentuk fiber digunakan sebagai

pelapis antistatis pada listrik. Pada sabun dan cat, digunakan SAP dalam bentuk emulsi.

b. Berdasarkan sumber.

Berdasarkan sumbernya, SAP dikategorikan dalam :

- kelompok makromolekul alami seperti basa polisakarida dan basa polipeptida. Kelompok polisakarida misalnya sellulosa, zat tepung, kitin, kitosan, dan getah alam.
- Polimer semisintetis
- Polimer sintetis, seperti basa petrokimia.

SAP alami lebih menguntungkan dibandingkan kelompok SAP sintetis.

Hal ini disebabkan SAP yang alami dapat terdegradasi, termasuk bahan yang tidak toksik, dan rendah biaya.

c. Berdasarkan metode preparasi.

Berdasarkan metode preparasinya, SAP dibagi dalam kelompok *cross-linking polymerization*, *radiation cross-linking*, *graft polymerization*, dan pembentukan jaringan dari polimer yang larut dalam air.

d. Berdasarkan keberadaan muatan listrik.

Berdasarkan keberadaan muatan listrik, SAP dikelompok menjadi :

- Polimer non ionik.
- Polimer ionik.
- *Ampholytic (amphoteric)*
- *Polybetaines (zwitterionic)*

2.3.2 Metode Uji terhadap Super Absorbent Polymer (SAP)

Metode uji terhadap SAP yang biasa dilakukan dalam bidang akademik maupun analisis industri terdiri dari :

1. Free Absorbency Capacity

Pada umumnya, istilah bengkak atau penyerapan digunakan tanpa kondisi tertentu, menyiratkan terambilnya air suling dan sampel bebas membengkak, artinya tidak ada beban yang diletakkan pada sampel. Ada beberapa metode untuk uji *Free Absorbency Capacity* yang

bergantung pada jumlah sampel yang tersedia, tingkat penyerapan, dan metode yang presisi dan akurasi. Beberapa metode itu antara lain :

- a. *Tea- bag method*
 - b. *Centrifuge method*
 - c. *Sieve method*
2. *Absorbency Under Load (AUL)*

Data AUL biasanya diberikan dalam literatur paten dan lembar data teknis oleh produsen SAP. Istilah AUL digunakan tanpa menentukan pembengkakan media, yang menunjukkan pengambilan larutan NaCl 0,9% sementara sampel uji ditekan dengan beberapa beban. Reaktor uji AUL berupa susunan *sintered glass*, cawan petri, dan corong silinder. Nilai AUL didapat dengan rumus berikut :

$$AUL(g/g) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana W_1 dan W_2 berturut-turut adalah berat kering dan berat basah SAP.

3. *Wicking Capacity and rate*

Uji ini disarankan untuk mengukur *Wicking Capacity* bahan SAP dengan penampilan fisik konvensional, seperti partikel gula. Adapun cara ujinya, sampel SAP (berat $0,05 \pm 0,0005$ g) ditambahkan dalam kertas saring yang dilipat kerucut disiapkan dari lingkaran secara akurat sebesar 9 cm dari kertas Whatman 54. Kerucut tersebut ditekan ringan untuk mengendapkan sampel sampai ke ujung. Ujung kerucut kemudian ditahan selama 60 detik dalam cawan petri berdiameter 9 cm yang berisi 25 mL air. Air mengerutkan seluruh kertas dalam 1 menit. Kelebihan air kemudian dibiarkan mengalir dari kertas dengan menyambungkan ujungnya selama 60 detik dengan sebuah lingkaran kertas saring kering di atas selembar handuk penyerap. Berat kertas basah dan polimer yang terendam air dilambangkan dengan A, dan daya serap sampel dalam g/g kemudian dihitung setelah koreksi untuk bobot kering kertas dan jumlah air yang diserap di bawah identik

dengan kertas saja tanpa air. Setiap tes diulang 3-5 kali kemudian dirata-rata hasilnya. *Wicking Capacity* dihitung dengan rumus yang ditunjukkan pada persamaan (2) :

$$WC = (A-B-W1)/W1 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana, B adalah berat basah kertas tanpa polimer.

Dengan asumsi penyerapan terjadi secara monoton selama 60 detik, maka perkiraan besar *wicking rate* (g/g.s) dari SAP dapat diperoleh dengan membagi nilai WC dengan 60.

4. *Swelling rate*

Swelling rate dapat diuji dengan metode vortex. Metode vortex adalah cara yang paling cepat dan sederhana untuk mengevaluasi tingkat penbengkanan SAP dalam laboratorium. Air atau larutan garam (50 g) dituang dalam beaker glass 100 mL pada suhu 30 °C. larutan kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 600 rpm. Sampel SAP (mesh 50-60, berat = 0,5-2 gr) ditambahkan dan stopwatch dimulai. Waktu yang dilalui dari penambahan SAP sampai hilangnya cairan diukur (t_{vd} , detik) maka *swelling rate* (SR, g/g.s) dihitung dengan rumus pada persamaan (3) :

$$SR = (50/W0)/t_{vd} \dots\dots\dots(3)$$

2.3.3. Aplikasi SAP di Bidang Pertanian

Bahan SAP banyak digunakan dalam bidang pertanian. SAP digunakan sebagai penjaga kelembaban tanah, pembawa nutrien, dan penyimpan air khususnya di daerah yang kering (Xiao *et.al.*, 2017). Saat SAP bercampur dengan tanah, sebuah massa gelatin yang bersifat amorf terbentuk karena proses hidrasi. Proses ini mampu membantu siklus absorpsi dan desorpsi dalam waktu yang lama. Oleh karena itu, SAP bertindak sebagai sumber pelepas penyimpan air dan nutrient terlarut dalam tanah. SAP dapat membantu tanaman menghadapi pengaruh cekaman daerah kering, meningkatkan produksi tanaman, serta menjaga kestabilan pertanian (Vundavalli *et.al.*,2015).

SAP yang banyak digunakan dalam dunia pertanian adalah SAP yang berbasis polisakarida atau dikenal dengan *Starch-Based Super Absorbent Polymers* (SBSAPs). SBSAPs memiliki sifat hidrofilik yang sangat baik (tingginya kapasitas pembengkakan dan tingginya laju pembengkakan), biokompatibilitas serta biodegradasi yang tinggi (Guilherme *et.al.*, 2015).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait penggunaan SAP dalam pertanian. Seperti penelitian yang dilakukan Agaba *et.al.* (2011) menunjukkan bahwa retensi kelembaban tanah spesifik terhadap SAP pada pemeliharaan hutan. Hal ini disebabkan SAP dapat memengaruhi sifat-sifat tanah seperti aerasi, suhu, *transport nutrient, uptake* air, dan transformasi yang memengaruhi pertumbuhan tanaman. Demitri *et.al.* (2013) meneliti bahwa penggunaan SBSAPs bergantung pada 3 formulasi yang berbeda. Formulasi tersebut antara lain: *crosslinked* oleh carbodiamida sebagai karier untuk pelepasan air dan nutrient di wilayah kering dan gurun. Menurut Demitri, kehadiran SAP dapat meningkatkan porositas tanah yang memberikan oksigenasi yang lebih baik pada akar tanaman. Sedangkan Parvathy *et.al.* (2014) melakukan penelitian pada tanaman cabai (*Capsicum annuum L.*) pada tingkat irigasi yang berbeda. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa jumlah kelembaban tanah yang tertahan dalam tanah bergantung pada konsentrasi SAP yang dapat mengendalikan penyerapan air tanah. Hal ini juga menunjukkan bahwa SAP berpotensi untuk digunakan sebagai alternatif dalam menghadapi perubahan iklim, karena fungsinya yang dapat menjaga kelembaban tanah tersebut.

2.4 Desorpsi

Desorpsi adalah peristiwa pelepasan kembali bahan yang telah diserap oleh adsorben (Kirk dan Othmer, 1963). Keberhasilan proses desorpsi sangat tergantung dari kondisi proses, baik lamanya proses, suhu, maupun jenis adsorben yang digunakan (Latip *et al.*, 2001), jenis eluen yang digunakan

(Adnan, 1997) serta metode adsorpsi yang digunakan untuk proses pemisahan (Chu *et al.*, 2001).

Bahan yang telah teradsorpsi dikeluarkan dengan cara pemanasan, penurunan tekanan, pencucian dengan bahan yang tak dapat diadsorpsi, pendesakan dengan bahan yang dapat teradsorpsi lebih baik ataupun dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut (Bernasconi *et al.*, 1995).

Fenomena terlepasnya solut dari adsorben oleh pelarut karena tendensi kelarutannya disebut elusi (non protonic solvent). Selain itu terjadi juga fenomena *displacement* (penggeseran tempat), karena adanya kompetisi adsorben solut dan pelarut terhadap adsorben (*protonic solvent*, seperti alkohol) (Adnan, 1997). Kinetika desorpsi ditunjukkan oleh nilai konstanta laju pelepasan (k_{des}) (Wankasi *et al.*, 2005). Nilai k_{des} dipengaruhi oleh suhu dan kecepatan pengadukan. Peningkatan nilai k_{des} seiring dengan meningkatnya suhu dan kecepatan pengadukan (Chu *et al.*, 2004). Nilai k_{des} dan energi aktivasi menunjukkan parameter kinetika desorpsi.

Laju desorpsi berkaitan erat dengan terjadinya proses desorpsi. Peningkatan laju desorpsi dapat dilakukan dengan mendapatkan jalannya desorpsi dengan energi aktivasi yang rendah. Berdasarkan uraian mengenai kinetika desorpsi ini, maka diketahui pentingnya penentuan kinetika desorpsi, yaitu untuk mengetahui lamanya dan mekanisme desorpsi. Selain itu, penentuan kinetika desorpsi dengan menggunakan bentuk persamaan model Wankasi bertujuan untuk memperoleh nilai konstanta laju desorpsi (k_{des}) dan energi aktivasi (E_a) dari suatu proses desorpsi. Hasil kinetika desorpsi tersebut selanjutnya berguna untuk menetapkan kondisi proses, metode pengendalian, dan kebutuhan peralatan dan teknologi suatu proses desorpsi, sehingga dapat dimanfaatkan untuk merancang proses yang sesuai.

2.5 Natrium Klorida (NaCl)

Natrium Klorida (NaCl) merupakan garam yang paling banyak ditemukan di dunia. NaCl murni berbentuk Kristal kubik berwarna putih dengan sifat fisik seperti pada Tabel 2. 3.

Tabel 2.3 Sifat Fisik NaCl Murni

Parameter	Keterangan
Massa molekul (g/mol)	58,44
Bentuk Kristal	Kubik
Warna	Tidak berwarna-putih
Refraksi indeks	1,5442
Densitas (g/mL)	2,165
Titik leleh (°C)	801
Titik didih (°C)	1413
Kekerasan, skala Mohs	2,5
Kapasitas panas (J/g.°C)	0,853
Panas peleburan (J/g)	517,1
Panas pelarutan, 1 kg H ₂ O, 25 °C, kJ/mol	3,757
Kelembaban kritik pada 20 °C, %	75,3

Sumber : Othmer, 1969

Umumnya NaCl mengandung pengotor berupa magnesium klorida, magnesium sulfat, kalsium klorida, kalsium sulfat, dan air. Pengotor-pengotor ini dapat berada di permukaan kristal maupun terjebak di dalam kisi kristal. Pengotor di permukaan kristal umumnya direduksi dengan proses pencucian, sedangkan pengotor di dalam kristal umumnya direduksi dengan cara rekristalisasi, yaitu dengan melarutkan kristal kemudian mengkristalkannya kembali (Setyoprato *et al.*, 2003). Cara lain untuk mereduksi pengotor di dalam kristal adalah dengan *hydromilling*, dimana kristal garam dikecilkan ukurannya atau dipecah, sehingga pengotor di dalam kristal dapat dipisahkan (Sedivy, 2010).

NaCl dapat diklasifikasikan berdasarkan manfaat utamanya, yaitu garam proanalisis, garam konsumsi, dan garam industri. Garam proanalisis merupakan garam dengan kemurnian tinggi (>99%) yang digunakan sebagai reagen dalam analisis di laboratorium dan industri farmasi. Garam

konsumsi umumnya digunakan untuk konsumsi rumah tangga (garam dapur) sebagai bahan peningkat rasa makanan. Untuk konsumsi rumah tangga, garam ditambahkan zat aditif berupa Kalium Iodida (KI) dan Kalium Iodat (KIO_3). Selain digunakan untuk meningkatkan rasa makanan, garam digunakan pula sebagai pengawet, penguat warna, bahan pembentuk tekstur, dan sebagai bahan pengontrol fermentasi.

Garam industri umumnya digunakan dalam industri perminyakan, metalurgi, tekstil, penyamakan kulit, pengolahan air, industri pembuatan pembuatan natrium sulfat (Na_2SO_4), natrium karbonat (Na_2CO_3), natrium bikarbonat ($NaHCO_3$), dan industri klor alkali, yaitu industri yang menghasilkan klorin dan natrium hidroksida (Martina, 2014).

2.6 Kalsium Karbonat ($CaCO_3$)

Kalsium karbonat adalah mineral anorganik yang dikenal tersedia dengan harga murah secara komersial. Sifat fisik kalsium karbonat seperti, morfologi, fase, ukuran dan distribusi ukuran harus dimodifikasi menurut bidang pengaplikasiannya. Bentuk morfologi dan fase kalsium karbonat ($CaCO_3$) terkait dengan kondisi sintesis seperti, konsentrasi reaktan, suhu, waktu aging dan zat adiktif alam (Kirboga dan Oner, 2013). Kalsit ($CaCO_3$) merupakan fase yang paling stabil dan banyak digunakan dalam industri cat, kertas, *magnetic recording*, industri tekstil, detergen, plastik, dan kosmetik (Lailiyah *et al.*, 2012).

Kalsium karbonat umumnya diperoleh dari suspensi kapur padat dalam air dan gas karbon dioksida (Cahyono *et al.*, 2019). Menurut Waltham (2002), kalsium karbonat presipitat ketika disintesis dengan media air akan membentuk tiga macam kristal, yaitu kalsit, vaterit, dan aragonit. Terbentuknya macam-macam bentuk kristal ini dipengaruhi oleh temperatur, pH larutan, derajat saturasi, kecepatan aliran CO_2 bila menggunakan metode karbonasi, serta adanya bahan aditif. Setiap fase membutuhkan kondisi lingkungan dan energi penyusunan yang berbeda. Pada rentang temperatur 10°C hingga 40°C, fase yang terbentuk berupa kalsit dan vaterit. Pada rentang temperatur 60°C-80°C dihasilkan aragonit

dan kalsit. Sementara ketiga fase kristal muncul di antara kedua rentang ini. Jadi, fase vaterit hanya terbentuk pada rentang temperatur tertentu dan mencapai fraksi optimum pada temperatur 35°C.

2.7 Urea

Urea adalah senyawa organik tunggal yang tersusun dari unsur karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen dengan rumus CON_2H_4 atau $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Urea juga disebut dengan karbamid resin, isourea, dan karbonil diamida. Pupuk urea adalah pupuk yang mengandung nitrogen (N) berkadar tinggi sebesar 45%-56% (Fajrin, 2016). Pupuk urea merupakan pupuk padatan kristalin putih sangat larut dalam air dengan kandungan 46% N. urea menjadi sumber pupuk N yang terkemuka di dunia pada pertengahan tahun 1970 (Engelstad, 1985). Pupuk urea termasuk salah satu jenis pupuk higroskopis sehingga lebih mudah menguap di udara. Bahkan pada kelembaban 73% urea sudah dapat menarik uap air dari udara. Oleh karena itu, urea mudah larut dalam air serta mudah diserap oleh tanaman. Tanaman dapat menyerap nitrogen dalam urea dalam bentuk ammonium (N-NH_4^+). Oleh karena itu, nitrogen dalam urea harus dikonversi terlebih dahulu dengan bantuan enzim urease melalui proses hidrolisis. Namun, bila diberikan ke tanah, proses hidrolisis akan terjadi sangat cepat sehingga mudah menguap sebagai ammonia. Pemberian urea dengan disebar akan cepat terhidrolisis (dalam 2-4 hari) dan ini rentan terhadap kehilangan melalui volatilisasi (Nainggolan, 2010).

Pemberian pupuk urea dalam tanah mempengaruhi sifat kimia dan biologis tanah. Fungsi kimia dan biologi penting diantaranya selaku penukar ion dan penyangga kimia, sebagai gudang hara N, P, dan S, pelarutan fosfat dengan jalan kompleksasi ion Fe dan Al dalam tanah sebagai sumber energi mikroorganisme tanah (Notohadiprawiro, 1998).

Menurut Syarief (1986), unsur hara nitrogen yang dikandung dalam pupuk urea sangat besar kegunaannya bagi tanaman, antara lain :

- a. Membuat daun tanaman lebih hijau, segar, dan banyak mengandung butir hijau daun (klorofil) yang mempunyai peranan sangat penting dalam proses fotosintesis.
- b. Mempercepat pertumbuhan tanaman meliputi tinggi, jumlah anakan, dan cabang.
- c. Menambah kandungan protein tanaman.
- d. Dapat dipakai untuk semua jenis tanaman baik tanaman pangan, hortikultura, tanaman perkebunan, usaha peternakan, dan usaha perikanan.

2.8 Design of Expert (DoE)

Design of Expert (DoE) adalah sebuah metodologi matematika yang digunakan dalam proses perencanaan dan pelaksanaan penelitian. DoE digunakan untuk menganalisis data secara statistik yang diperoleh dalam penelitian, baik dari proses atau produk yang menggunakan input berupa variabel penelitian (Xs) dan respon variabel terukur (Y) (Durakovic, 2017).

Lebih dari 2 dekade terakhir, DoE adalah alat yang sangat bermanfaat untuk peningkatan kualitas dan keandalan suatu produk (Durakovic dan Basic, 2013). Kegunaan DoE berkembang dalam banyak industri sebagai bagian dalam proses pengambilan keputusan baik dalam pengembangan produk baru, proses manufaktur, dan peningkatan. DoE tidak hanya digunakan dalam ranah keteknikan, namun juga di bagian administrasi, pemasaran, rumah sakit, farmasi (Paulo, 2017), industri makanan (Yu *et al.*, 2018), energi dan arsitektur (Schlueter dan Geyer, 2018), dan kromatografi (Hibbert, 2012). DoE mampu diterapkan dalam proses fisik sebagaimana model simulasi computer (Garud *et al.*, 2017).

Menurut Durakovic (2017) menyatakan bahwa DoE adalah alat yang dapat digunakan dalam beberapa situasi untuk mengidentifikasi urgensi dari sebuah factor input (variabel input) terhadap variabel respon. Pada dasarnya, DoE adalah sebuah analisis regresi. Beberapa jenis desain yang digunakan antara lain :

- a. *Comparison*, merupakan salah satu diantara perbandingan berganda yang digunakan untuk memilih opsi terbaik yang menggunakan t-test, Z-test atau F-test.
- b. *Variable Screening*, biasanya berupa 2 level factor desain yang cenderung untuk memilih factor penting diantara banyak hal yang mempengaruhi kinerja sistem, proses atau produk.
- c. *Transfer function identification*, jika variabel input yang penting teridentifikasi, maka hubungan antara variabel input dan output dapat digunakan untuk pengembangan lebih jauh terhadap sistem, proses atau produk melalui transfer fungsi.
- d. *System Optimizaton*, fungsi transfer dapat digunakan untuk optimisasi dengan memindahkan penelitian pada pengaturan optimum. Kinerja sistem, proses atau produk dapat ditingkatkan.
- e. *Robust design*, seiring dengan berkurangnya variasi dalam sistem, proses, atau produk tanpa eliminasi dari penyebabnya. Pada umumnya, factor-faktor yang menyebabkan variasi produk dapat dikelompokkan ke dalam 3 kategori utama, yaitu :
- Eksternal/lingkungan (seperti suhu, kelembaban, dan debu).
 - Internal (misalnya aus pada mesin dan material yang sudah lama).
 - Variasi unit ke unit (misalnya variasi material, proses, dan peralatan).



BAB III

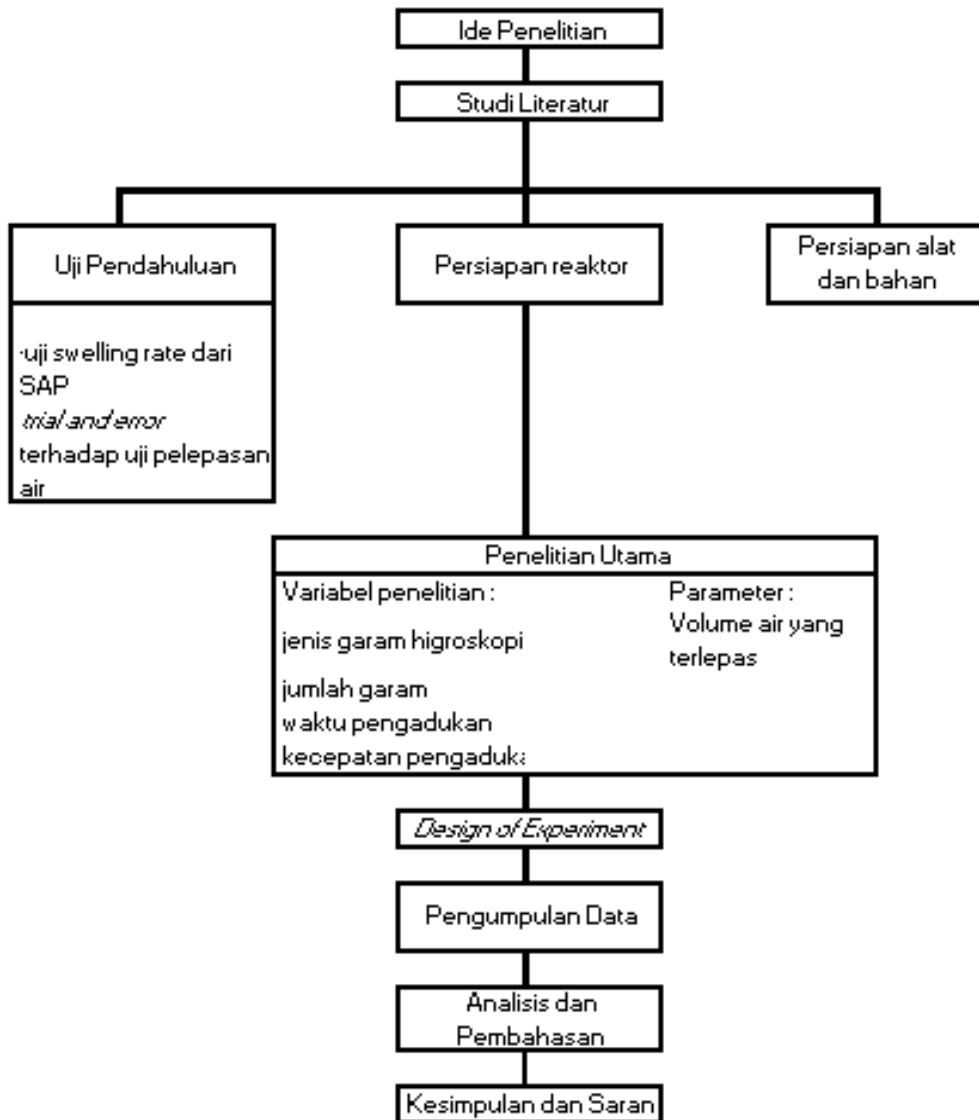
METODE PENELITIAN

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Metode penelitian disusun dalam bentuk kerangka penelitian yaitu alur atau prosedur penelitian dalam penelitian yang dilakukan. Kerangka penelitian ini didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti. Adapun tahapan kegiatan dalam penelitian ditampilkan dalam kerangka penelitian pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di rumah peneliti. Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan yaitu dimulai dari bulan Januari 2020 hingga Mei 2020.

3.3 Langkah Penelitian

Langkah penelitian merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan serta menjelaskan mengenai tahapan kerja yang telah dilakukan dalam penelitian. Pembuatan langkah penelitian bertujuan untuk memudahkan dalam pemahaman dan penjelasan lebih rinci melalui deskripsi tiap tahapan kerja. Tahapan kerja dalam penelitian dijelaskan sebagai berikut:

3.3.1 Ide Penelitian

Ide penelitian merupakan tahap awal yang dilakukan dalam prosedur penelitian. Ide penelitian yang dilakukan adalah dengan identifikasi masalah bagaimana jumlah kelahiran bayi yang tinggi sebanding dengan penggunaan popok sekali pakai. Akan tetapi, bekas popok sekali pakai tersebut masih belum dikelola dengan baik, sehingga hanya menumpuk di TPA maupun di sungai atau di laut. Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, ide penelitian yang didapatkan yaitu studi pelepasan kembali air yang terserap oleh SAP dengan penambahan beberapa jenis garam higroskopis.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini dengan mengkaji variabel-variabel yang telah diuji dalam penelitian sebelumnya, tata cara penelitian, penentuan waktu dan lokasi uji, serta hal-hal terkait yang belum diuji secara mendalam. Studi literatur berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan terkait dengan topik penelitian. Studi literatur pada penelitian ini berkaitan dengan polimer dan karakteristiknya, *Super Absorbent Polymer* (SAP), dan uji-uji yang berkaitan dengan polimer dan parameter yang digunakan. Selain jurnal penelitian, sumber literatur lainnya yang digunakan berupa peraturan pemerintah, *textbook*, artikel, panduan teknis, dan seminar yang berkaitan dengan penelitian ini.

3.3.3 Persiapan Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *beaker glass* 1000 mL sebagai reaktor, gelas ukur 250 mL, corong pemisah, kertas saring, dan neraca analitis. Adapun bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain SAP dari popok bayi sekali pakai, air PDAM, NaCl, CaCO₃, dan pupuk urea.

3.3.4 Uji Pendahuluan

Pada uji pendahuluan dilakukan pengujian terhadap kecepatan penyerapan air dari SAP. Pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Penentuan jumlah SAP yang akan digunakan sebagai sampel. Hal ini dilakukan dengan cara mengambil SAP dari 3 merek popok dengan 5 ukuran yang berbeda. Setelah itu, SAP dari masing-masing popok ditimbang. Sampel yang digunakan dalam penelitian adalah hasil rata-rata dari berat SAP yang terkandung dalam popok bayi.
2. Hasil rata-rata SAP diletakkan dalam reaktor kemudian ditambahkan air 500 mL. pada saat penambahan air, *stopwatch* dinyalakan untuk menghitung waktu yang dibutuhkan SAP untuk menyerap semua air. Data ini nantinya digunakan untuk menghitung *swelling rate* dari SAP tersebut.

Adapun uji *swelling rate* dilakukan dengan menggunakan metode vortex. Metode vortex dilakukan dengan menambahkan 50 gram air atau larutan garam ke dalam *beaker glass* 1000mL. Larutan tersebut kemudian diaduk dengan menggunakan *handmixer*. Setelah itu sebanyak 2 gram SAP ditambahkan kedalam larutan dan stopwatch dimulai. Kemudian melakukan pencatatan waktu yang dilalui dari penambahan SAP sampai hilangnya cairan. Selanjutnya, menghitung nilai *swelling rate* sesuai persamaan (3).

3. Menambahkan garam- garam higroskopis kemudian diaduk secara manual. Hasil dari data ini digunakan untuk menentukan variasi penambahan jumlah garam higroskopis terhadap proses pelepasan air yang terserap SAP.

3.3.5 Persiapan Reaktor

Reaktor yang digunakan untuk satu variabel penelitian terdiri dari *beaker glass* 1000 mL sebanyak 9 buah yang akan diisi SAP yang dijenuhkan dengan air. Setelah jenuh dengan air, kemudian akan ditambahkan garam higroskopis dengan

variasi jumlah, variasi waktu dan kecepatan pengadukan. Setelah itu, dilakukan penyaringan secara manual untuk mengetahui banyaknya air yang terlepas dari SAP. Reaktor yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 4 macam yaitu jenis garam higroskopis, jumlah garam higroskopis, waktu dan kecepatan pengadukan. Adapun variasi dari setiap variabel sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.1.

Variabel penelitian yang telah ditetapkan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan program *Design of Expert* (DoE) 6.0.10 untuk mengetahui jumlah perlakuan yang dikerjakan. Variabel yang dimasukkan ke dalam program DoE hanyalah variabel yang sifatnya kuantitatif, sehingga variabel jenis garam tidak dimasukkan sehingga didapatkan 32 kali perlakuan yang sesuai dengan hasil dari program DoE untuk setiap jenis garam higroskopis. Berdasarkan hasil *running* metode *3-Level Factorial* melalui program DoE maka dapat ditentukan nilai optimum pelepasan air dari bahan SAP tersebut dengan menggunakan 3 jenis garam higroskopis yang berbeda tersebut.

Tabel 3.1 Variasi dari setiap variabel penelitian

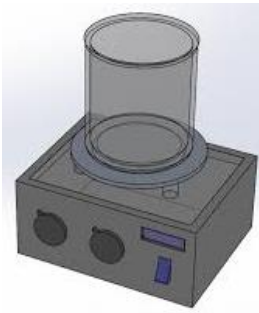
Variabel	Variasi
Jenis garam higroskopis	NaCl
	CaCO ₃
	Urea
Jumlah garam higroskopis	4 gram NaCl, 50 gram CaCO ₃ , 75 gram urea
	6 gram NaCl, 100 gram CaCO ₃ , 150 gram urea
	8 gram NaCl, 150 gram CaCO ₃ , 225 gram urea
Waktu pengadukan	10 menit
	20 menit
	30 menit
Kecepatan pengadukan	tanpa pengadukan
	Pengadukan secara manual
	Pengadukan menggunakan <i>hand mixer</i> .



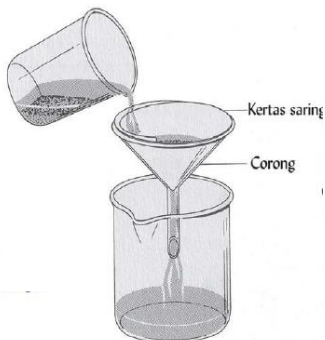
SAP 5 gram dan ditambahkan air 500 mL,
dijenuhkan.



Setelah jenuh, ditambahkan garam higroskopis
sesuai jumlah yang ditentukan.



Dilakukan pengadukan secara manual dan
pengadukan dengan hand mixer dengan variasi
waktu dan kecepatan.



Dilakukan penyaringan dengan corong pemisah.

Air yang lolos diukur
secara langsung
dengan gelas ukur.

Gambar 3.2 Reaktor penelitian

3.5 Metode Pengumpulan Data

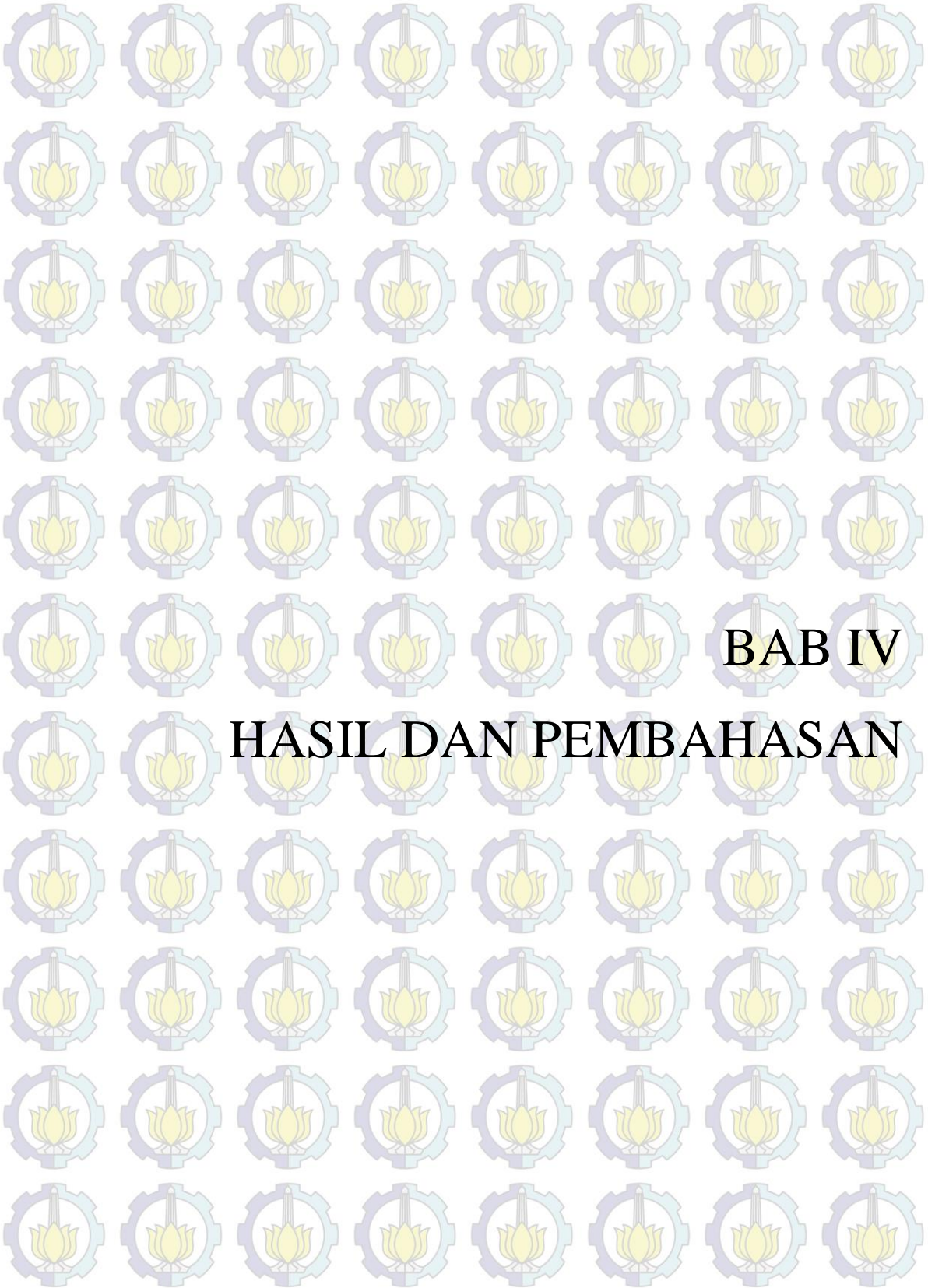
Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan sesuai dengan standar metode yang berlaku. Standar metode yang digunakan berdasarkan metode pengujian dan alat yang digunakan. Parameter yang diukur adalah volume air yang terlepas SAP dengan metode pengukuran secara langsung menggunakan gelas ukur.

3.6 Metode Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menggunakan program *Design of Expert* (DoE) 6.0.10. Data yang diperoleh akan diuji secara statistik menggunakan metode ANOVA yang terdapat dalam DoE, sehingga akan didapatkan nilai optimum dari variabel yang digunakan terhadap pelepasan air yang terkandung dalam popok bayi sekali pakai.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Pada penelitian ini, suatu kesimpulan berdasarkan hasil dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Hal ini berdasarkan analisis data dan pembahasan penelitian yang akan dilakukan. Kesimpulan pada penelitian ini berisi ringkasan jawaban atas rumusan masalah penelitian. Saran dalam penelitian ini diharapkan berupa masukan dan rekomendasi terhadap penelitian yang akan dilakukan untuk perbaikan pelaksanaan penelitian lebih lanjut



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh jenis garam higroskopis, jumlah garam higroskopis, waktu pengadukan serta kecepatan pengadukan terhadap pelepasan air yang terserap oleh SAP

Sebelum melakukan penelitian utama, maka tahap awal yang harus dilakukan adalah melakukan penelitian pendahuluan.

4.1.1 Uji Pendahuluan

Penelitian pendahuluan diawali dengan penentuan jumlah SAP yang akan digunakan. Hal ini dilakukan dengan menghitung jumlah SAP yang terkandung dalam 3 merek popok bayi dengan 5 jenis ukuran yang berbeda. Penghitungan jumlah SAP ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 SAP yang terkandung dalam beberapa Merek Popok Bayi

Ukuran	SAP (gram)			Rata-rata
	Merek A	Merek B	Merek C	
S	2	4	3	3
M	4	5	4	4,3
L	4	4	5	4,3
XL	6	7	6	6,1
XXL	6	6	6	6
Rata-rata total SAP				4,6

Berdasarkan hasil tersebut didapat rata-rata total dari jumlah SAP yang terkandung dalam popok bayi sebesar 4,6 gram. Oleh karena itu, pada penelitian sebanyak 5 gram SAP dari popok tersebut akan diuji untuk masing-

masing perlakuan. Langkah berikutnya dari penelitian pendahuluan yaitu melakukan uji *swelling rate* terhadap SAP dari popok bayi tersebut. Adapun data yang diperlukan untuk menghitung nilai *swelling rate* dari SAP adalah waktu penyerapan air. Pada percobaan yang dilakukan, waktu yang diperlukan 2 gram SAP untuk menyerap 50 mL air sebesar 39,15 detik. Berdasarkan persamaan (3), maka nilai *swelling rate* (SR) dari SAP dihitung dengan cara :

$$SR = (50/W_0)/t_{vd}$$

Dimana, 50 adalah gram air atau larutan garam yang digunakan, W_0 adalah berat SAP yang digunakan, dan t_{vd} adalah waktu penyerapan air oleh SAP. Oleh karena itu, nilai *swelling rate* dari SAP adalah sebesar 0,638 gr/gr.detik dengan rincian sebagaimana berikut.

$$SR = (50/2)/39,15$$

$$SR = 0,638 \text{ gr/gr.detik}$$

Selanjutnya, penelitian pendahuluan dilanjutkan dengan melakukan uji *trial and error* menggunakan beberapa jenis garam higroskopis. Garam higroskopis yang digunakan berupa natrium klorida (NaCl), kalsium karbonat (CaCO_3), dan pupuk urea. Penetapan garam-garam higroskopis tersebut didasarkan pada studi literatur yang telah dilakukan. Uji *trial and error* bertujuan untuk mendapatkan variasi jumlah garam yang harus ditambahkan agar air yang terserap oleh (SAP) dalam popok dapat terlepas kembali ke lingkungan. Dokumentasi dalam tahap uji pendahuluan ditunjukkan oleh Gambar 4.1.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam uji *trial and error* adalah :

1. Menambahkan 5 gram SAP kedalam *beaker glass* 1000 mL.
2. Menambahkan air sebanyak 500 mL.

3. Menambahkan garam higroskopis dengan jumlah minimum sama dengan SAP (5 gram) lalu diaduk secara manual. Selanjutnya dilihat pengaruhnya terhadap SAP. Jika tidak terlihat pengaruhnya, maka ditambahkan dengan kelipatan.
4. Mencatat hasil uji *trial and error*, lalu menetapkan variabel penelitian dengan penambahan 2 dan 3 kali lipat garam yang ditambahkan.



Gambar 4.1 Penghitungan jumlah SAP, uji *swelling rate*, dan uji *trial and error*

Hasil uji *trial and error* dari masing-masing jenis garam adalah sebagai berikut seperti terlihat pada Tabel 4.2 sampai Tabel 4.4.

- a. Uji *trial and error* menggunakan garam NaCl.

Tabel 4.2 *Trial and Error* menggunakan NaCl

Jumlah NaCl	Pengaruh terhadap SAP jenuh air
5 gram	50% air sudah dapat terlepas dari SAP

Uji *trial and error* menggunakan garam NaCl menunjukkan bahwa dengan penambahan 5 gram NaCl sudah dapat menyebabkan lepasnya air yang terserap oleh SAP. Oleh karena itu, variasi yang digunakan dalam penelitian yaitu dengan penambahan 5, 10, dan 15 gram NaCl.

b. Uji *trial and error* menggunakan CaCO_3 .

Tabel 4.3 *Trial and Error* menggunakan CaCO_3

Jumlah CaCO_3	Pengaruh terhadap SAP jenuh air
5 gram	Tidak ada perubahan
10 gram	Tidak ada perubahan
15 gram	Tidak ada perubahan
20 gram	Tidak ada perubahan
25 gram	SAP sudah mulai jenuh dengan CaCO_3
30 gram	Larutan berwarna putih namun air belum terlepas
35 gram	Larutan berwarna putih namun air belum terlepas
40 gram	Air mulai terlepas namun sangat sedikit
45 gram	Semakin banyak air yang terlepas
50 gram	Sekitar 30% air terlepas dari SAP

Berdasarkan uji *trial and error* menggunakan CaCO_3 didapatkan hasil dengan penambahan 50 gram CaCO_3 , sekitar 30% air yang terlepas dari SAP. Oleh karena itu, pada penelitian utama, variasi penambahan CaCO_3 yang digunakan yaitu 50 gram, 100 gram, dan 150 gram penambahan CaCO_3 .

c. Uji *trial and error* menggunakan pupuk urea.

Tabel 4.4 *Trial and Error* menggunakan Urea

Jumlah Urea	Pengaruh terhadap SAP jenuh air
5 gram	Tidak terjadi perubahan

Jumlah Urea	Pengaruh terhadap SAP jenuh air
15 gram	Tidak terjadi perubahan
25 gram	Tidak terjadi perubahan
35 gram	Tidak terjadi perubahan
45 gram	Tidak terjadi perubahan, namun dinding <i>beaker glass</i> menjadi dingin dan mengembun
55 gram	Larutan menjadi mudah diaduk, dan terjadi embun pada dinding <i>beaker glass</i>
65 gram	Larutan semakin mudah diaduk dan air sudah mulai terlepas dengan jumlah yang sangat sedikit
75 gram	Sekitar 10% air terlepas dari SAP

Uji *trial and error* menggunakan pupuk urea menunjukkan bahwa pada penambahan urea sebanyak 55 gram, baru menunjukkan perubahan pada SAP jenuh air. SAP menjadi mudah diaduk dan terdapat embun dingin pada dinding *beaker glass* namun air belum terlepas dari SAP. Penambahan 65 gram urea, membuat larutan semakin mudah diaduk dan sudah terlihat air mulai terlepas dari SAP dengan jumlah yang sangat sedikit. Pada penambahan 75 gram urea, sekitar 10 % air terlepas dari SAP. Uji *trial and error* dilanjutkan hingga penambahan urea sebanyak 85 gram, namun tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap larutan SAP. Oleh karena itu, ditetapkan variasi untuk penelitian dengan melakukan penambahan urea sebanyak 75 gram, 150 gram, dan 225 gram pada penelitian utama.

4.1.2 Pengaruh Penambahan Garam-garam Higroskopis terhadap Pelepasan Air yang Terserap oleh SAP

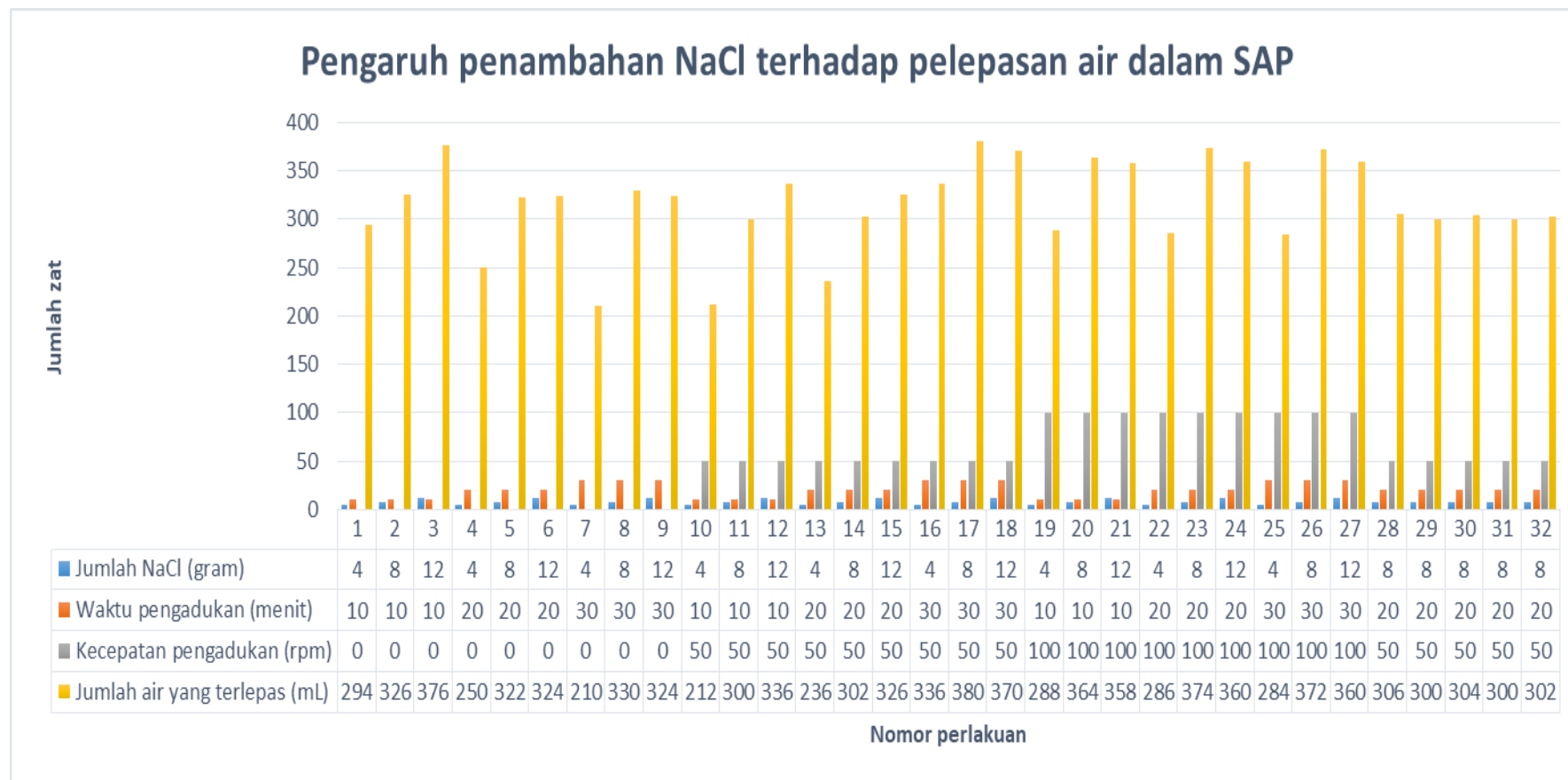
Penelitian untuk mendapatkan pengaruh penambahan garam-garam higroskopis dilakukan dengan kombinasi variabel yang didapat dari program *Design of Expert* (DoE) 6.0.10. Kombinasi variabel jumlah garam, waktu, dan

kecepatan pengadukan menghasilkan 32 perlakuan yang harus diuji. Hasil penelitian dari masing-masing jenis garam higroskopis tersebut dijelaskan secara rinci sebagai berikut.

a. Penambahan Natrium Klorida (NaCl)

Pengaruh penambahan NaCl terhadap pelepasan air yang terserap oleh SAP ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4.2. Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa jumlah air terlepas paling banyak didapat dari perlakuan no.17 yaitu penambahan NaCl sebesar 8 gram dengan waktu pengadukan 30 menit menggunakan pengadukan secara manual (50 rpm). Air yang terlepas sebesar 380 mL. Hal ini menunjukkan sebesar 76% air terlepas dari SAP.

Secara kimiawi, penambahan NaCl menyebabkan gugus-gugus hidrofilik dalam struktur polimer mengalami disosiasi dan mengakibatkan ion-ion dengan molekul kecil terperangkap. Semakin sedikit gugus hidrofilik semakin kecil pula konsentrasi air dalam polimer. Di luar sistem polimer, larutan NaCl juga akan terionisasi sempurna menghasilkan ion Na^+ dan Cl^- . Konsentrasi ion di luar sistem lebih besar sehingga mengakibatkan pelarut maupun zat terlarut yang berdifusi ke dalam struktur polimer lebih kecil (Irwan *et al.*, 2013).



Gambar 4.2 Pengaruh penambahan NaCl terhadap pelepasan air dalam SAP

b. Penambahan Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Kalsium karbonat (CaCO_3) tersusun atas kation divalen berupa ion Ca^{2+} . Menurut Ekebafé *et al.* (2011) kapasitas SAP menahan air dapat berkurang secara signifikan apabila air sebagai sumber irigasi mengandung garam terlarut tingkat tinggi (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+}). Kation divalen ini menghasilkan interaksi yang kuat dengan gel polimer dan mampu menggantikan air yang terjebak dalam polimer. Hasil penambahan CaCO_3 pada SAP ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan 150 gram CaCO_3 dengan kecepatan pengadukan 50 rpm selama 30 menit menghasilkan air yang terlepas paling banyak sebesar 282 mL. Dengan kata lain, sebesar 56,4% air terlepas dari SAP.

c. Penambahan Urea

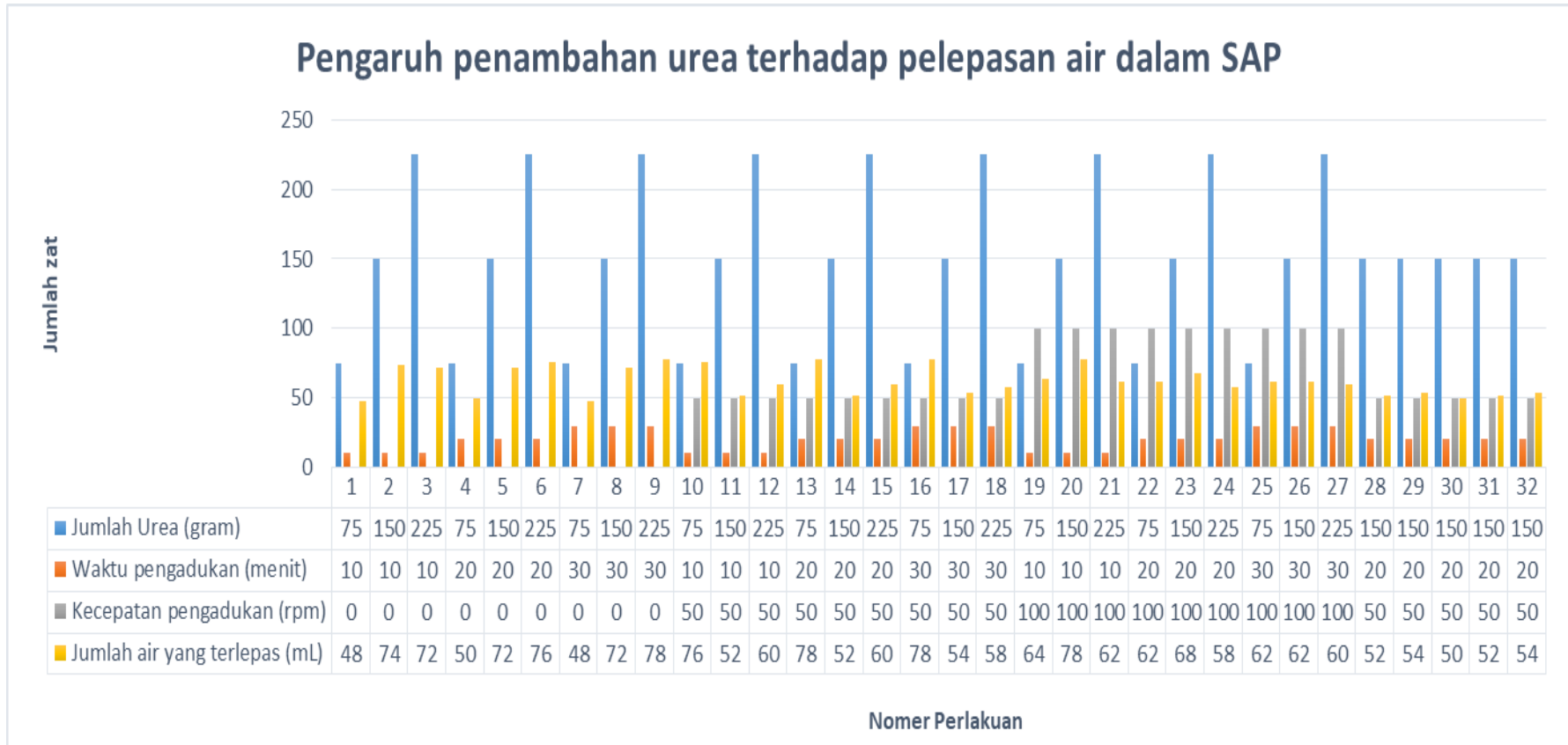
Menurut Sadeghi dan Koutchakzadeh (2007) menyatakan bahwa kemampuan *swelling* hidrogel akan berkurang dengan semakin berkurangnya jumlah ion yang terurai dalam air. Pada saat muatan di dalam gel lebih besar dibanding dengan konsentrasi muatan pada larutan luar akan menyebabkan hidrogel mengembang. Penambahan konsentrasi ion-ion dalam larutan luar menyebabkan perbedaan konsentrasi antara hidrogel dan larutan eksternal menurun, dan hidrogel menjadi mengerut sampai konsentrasinya kurang lebih sama.

Urea merupakan molekul netral yang memiliki gugus hidrofilik NH_2^- . Penambahan urea dalam larutan eksternal menyebabkan semakin bertambahnya interaksi ikatan hidrogen antara superabsorben dan larutan eksternal yang menyebabkan *swelling* semakin besar (Zang *et al.*, 2013). *Swelling* yang semakin besar tersebut menyebabkan air yang terlepas sedikit dibandingkan dua jenis garam higroskopis lainnya. Hasil penambahan urea ke dalam SAP ditunjukkan oleh Gambar 4.4.

Pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap pelepasan air dalam SAP



Gambar 4.3 Pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap pelepasan air dalam SAP



Gambar 4.4 Pengaruh penambahan urea terhadap pelepasan air dalam SAP

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, jumlah air terlepas paling banyak sebesar 78 mL yang didapat dari perlakuan no. 9, 13, 16, dan 20. Adapun jumlah terkecil yaitu sebesar 48 mL yang didapat dari perlakuan no.1 dan 7 dengan penambahan 75 gram urea, tanpa pengadukan selama 10 menit dan 30 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa, penambahan urea menyebabkan pelepasan air pada SAP dengan variasi waktu dan kecepatan pengadukan sebesar pada 9,6-15,6%.

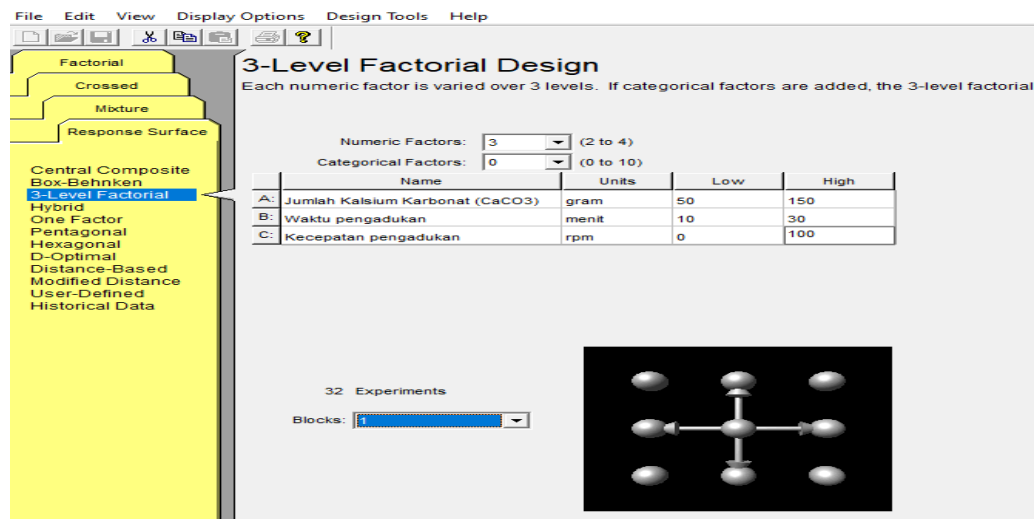
Hasil penelitian dari penambahan 3 jenis garam ini selanjutnya akan dimasukkan ke dalam program *Design of Expert* (DoE) 6.0.10 untuk dilakukan analisis ANOVA dan uji optimasi. Program DoE digunakan untuk mengetahui banyaknya perlakuan yang harus dilakukan, adanya keterkaitan antar variabel uji, dan untuk mendapatkan nilai optimum dengan kombinasi variabel uji yang harus dilakukan dalam penelitian.

4.2 Optimasi faktor jumlah garam higroskopis, waktu pengadukan serta kecepatan pengadukan untuk masing-masing jenis garam higroskopis dengan menggunakan program *Design of Expert* (DoE) 6.0.10 metode 3-Level Factorial

4.2.1 Memasukkan data ke dalam program

Data yang dimasukkan ke dalam program *Design of Expert* (DoE) 6.0.10 adalah data yang bersifat kuantitatif. Oleh karena itu, optimasi dilakukan berdasarkan masing-masing jenis garam higroskopis. Data yang dimasukkan pertama kali adalah variabel-variabel yang akan digunakan sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 4.5.

Pada Gambar 4.5, pada kolom “*Name*” diisi dengan variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian. Adapun kolom “*Units*” diisi satuan yang sesuai dengan variabel. Sedangkan pada kolom “*Low*” dan “*High*” diisi nilai minimum dan maksimum dari variabel yang digunakan dalam penelitian. Berdasarkan input data variabel tersebut, maka didapat jumlah perlakuan yang harus dilakukan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 32 perlakuan untuk masing-masing jenis garam higroskopis.



Gambar 4.5 Input data variabel ke dalam program DoE

Adapun data yang didapat dari setiap perlakuan ditunjukkan oleh Tabel 4.5-4.7.

- a. Penambahan Natrium Klorida (NaCl)

Tabel 4.5 Jumlah air yang terlepas akibat penambahan NaCl

Std	Run	Block	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Response 1
			A:Jumlah Natrium Klorida (NaCl)	B:Waktu pengadukan	C:Kecepatan pengadukan	Jumlah air yang terlepas
			gram	menit	rpm	mL
1	28	Block 1	4	10	0	294
2	13	Block 1	8	10	0	326
3	26	Block 1	12	10	0	376
4	9	Block 1	4	20	0	250
5	23	Block 1	8	20	0	322
6	24	Block 1	12	20	0	324
7	8	Block 1	4	30	0	210
8	7	Block 1	8	30	0	330
9	10	Block 1	12	30	0	324
10	19	Block 1	4	10	50	212
11	15	Block 1	8	10	50	300
12	32	Block 1	12	10	50	336
13	31	Block 1	4	20	50	236
14	18	Block 1	8	20	50	302
15	30	Block 1	12	20	50	326
16	29	Block 1	4	30	50	336
17	22	Block 1	8	30	50	380
18	20	Block 1	12	30	50	370

<i>Std</i>	<i>Run</i>	<i>Block</i>	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>	<i>Response 1</i>
			A:Jumlah Natrium Klorida (NaCl)	B:Waktu pengadukan	C:Kecepatan pengadukan	Jumlah air yang terlepas
			gram	menit	rpm	mL
19	1	Block 1	4	10	100	288
20	5	Block 1	8	10	100	364
21	16	Block 1	12	10	100	358
22	27	Block 1	4	20	100	286
23	12	Block 1	8	20	100	374
24	21	Block 1	12	20	100	360
25	17	Block 1	4	30	100	284
26	6	Block 1	8	30	100	372
27	11	Block 1	12	30	100	360
28	3	Block 1	8	20	50	306
29	2	Block 1	8	20	50	300
30	14	Block 1	8	20	50	304
31	25	Block 1	8	20	50	300
32	4	Block 1	8	20	50	302

b. Penambahan Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Tabel 4.6 Jumlah air yang terlepas akibat penambahan CaCO_3

<i>Std</i>	<i>Run</i>	<i>Block</i>	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>	<i>Response 1</i>
			A:Jumlah Kalsium Karbonat (CaCO_3)	B:Waktu pengadukan	C:Kecepatan pengadukan	Jumlah air yang terlepas
			gram	menit	rpm	mL
1	20	Block 1	50	10	0	188
2	17	Block 1	100	10	0	238
3	19	Block 1	150	10	0	228
4	16	Block 1	50	20	0	226
5	11	Block 1	100	20	0	236
6	27	Block 1	150	20	0	218
7	3	Block 1	50	30	0	240
8	22	Block 1	100	30	0	246
9	21	Block 1	150	30	0	220
10	2	Block 1	50	10	50	240
11	8	Block 1	100	10	50	270
12	14	Block 1	150	10	50	266
13	18	Block 1	50	20	50	250

<i>Std</i>	<i>Run</i>	<i>Block</i>	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>	<i>Response 1</i>
			A:Jumlah Kalsium Karbonat (CaCO₃)	B:Waktu pengadukan	C:Kecepatan pengadukan	Jumlah air yang terlepas
			gram	menit	rpm	mL
14	30	Block 1	100	20	50	258
15	1	Block 1	150	20	50	276
16	25	Block 1	50	30	50	260
17	31	Block 1	100	30	50	278
18	13	Block 1	150	30	50	282
19	24	Block 1	50	10	100	186
20	29	Block 1	100	10	100	212
21	9	Block 1	150	10	100	208
22	28	Block 1	50	20	100	196
23	26	Block 1	100	20	100	200
24	12	Block 1	150	20	100	204
25	4	Block 1	50	30	100	200
26	7	Block 1	100	30	100	210
27	15	Block 1	150	30	100	208
28	10	Block 1	100	20	50	262
29	23	Block 1	100	20	50	262
30	6	Block 1	100	20	50	258
31	32	Block 1	100	20	50	262
32	5	Block 1	100	20	50	260

c. Penambahan urea

Tabel 4.7 Jumlah air yang terlepas akibat penambahan urea

<i>Std</i>	<i>Run</i>	<i>Block</i>	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>	<i>Response 1</i>
			A:Jumlah Urea	B:Waktu pengadukan	C:Kecepatan pengadukan	Jumlah air yang terlepas
			gram	menit	rpm	mL
1	21	Block 1	75	10	0	48
2	6	Block 1	150	10	0	74
3	3	Block 1	225	10	0	72
4	5	Block 1	75	20	0	50
5	32	Block 1	150	20	0	72
6	29	Block 1	225	20	0	76
7	14	Block 1	75	30	0	48
8	24	Block 1	150	30	0	72
9	13	Block 1	225	30	0	78

<i>Std</i>	<i>Run</i>	<i>Block</i>	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>	<i>Response 1</i>
			A:Jumlah Urea	B:Waktu pengadukan	C:Kecepatan pengadukan	Jumlah air yang terlepas
			gram	menit	rpm	mL
10	30	Block 1	75	10	50	76
11	17	Block 1	150	10	50	52
12	2	Block 1	225	10	50	60
13	27	Block 1	75	20	50	78
14	10	Block 1	150	20	50	52
15	18	Block 1	225	20	50	60
16	26	Block 1	75	30	50	78
17	16	Block 1	150	30	50	54
18	11	Block 1	225	30	50	58
19	9	Block 1	75	10	100	64
20	25	Block 1	150	10	100	78
21	7	Block 1	225	10	100	62
22	22	Block 1	75	20	100	62
23	31	Block 1	150	20	100	68
24	12	Block 1	225	20	100	58
25	28	Block 1	75	30	100	62
26	23	Block 1	150	30	100	62
27	19	Block 1	225	30	100	60
28	15	Block 1	150	20	50	52
29	20	Block 1	150	20	50	54
30	8	Block 1	150	20	50	50
31	4	Block 1	150	20	50	52
32	1	Block 1	150	20	50	54

4.2.2 Analisis ANOVA

Ghozali (2009) menjelaskan bahwa analisis varians (*analysis of variance*, ANOVA) adalah suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Dalam literatur Indonesia, metode ini dikenal dengan berbagai nama lain, seperti analisis ragam, sidik ragam, dan analisis variansi. Analisis ini merupakan pengembangan dari masalah Behrens-Fisher, sehingga uji-F juga dipakai dalam pengambilan keputusan. Analisis varians pertama kali diperkenalkan oleh Sir Ronald Fisher, bapak statistika modern. Dalam praktik, analisis varians dapat merupakan uji hipotesis (lebih sering dipakai) maupun

pendugaan (*estimation*, khususnya di bidang genetika terapan). *Analysis of variance* atau ANOVA merupakan salah satu teknik analisis multivariate yang berfungsi untuk membedakan rerata lebih dari dua kelompok data dengan cara membandingkan variansinya. Analisis varian termasuk dalam kategori statistik parametrik. Sebagai alat statistika parametrik, maka untuk dapat menggunakan rumus ANOVA harus terlebih dahulu perlu dilakukan uji asumsi meliputi normalitas, heterokedastisitas dan random sampling.

Analisis varian dapat dilakukan untuk menganalisis data yang berasal dari berbagai macam jenis dan desain penelitian. Analisis varian banyak dipergunakan pada penelitian-penelitian yang banyak melibatkan pengujian komparatif yaitu menguji variabel terikat dengan cara membandingkannya pada kelompok-kelompok sampel independen yang diamati. Analisis varian saat ini banyak digunakan dalam penelitian survei dan penelitian eksperimen. Secara umum, analisis varians menguji dua varians (atau ragam) berdasarkan hipotesis nol bahwa kedua varians itu sama. Varians pertama adalah varians antarcontoh (*among samples*) dan varians kedua adalah varians di dalam masing-masing contoh (*within samples*). Dengan ide semacam ini, analisis varians dengan dua contoh akan memberikan hasil yang sama dengan uji-t untuk dua rerata (*mean*).

Pada penelitian ini, uji ANOVA dilakukan pada setiang jenis garam higroskopis. Secara terperinci, hasil uji ANOVA dijabarkan sebagai berikut.

a. Uji ANOVA terhadap Natrium Klorida (NaCl)

Pengaruh penambahan garam NaCl terhadap pelepasan air yang terserap oleh SAP mengikuti bentuk transformasi model linear dan kuadratik. Hal ini didasarkan pada hasil perhitungan dari program *Design of Expert* (DoE) 6.0.10 yang menunjukkan hasil yang signifikan. Adapun hasil dari perhitungannya ditunjukkan oleh Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Bentuk transformasi model akibat penambahan NaCl

<i>Sequential Model Sum of Squares</i>						
<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>DF</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Prob > F</i>	
<i>Mean</i>	3195392	1	3195392,0			<i>Suggested</i>
<i>Linear</i>	35627,1	3	11875,7	11,796127	< 0,0001	
<i>2FI</i>	2020,67	3	673,6	0,643486	0,5943	

<i>Sequential Model Sum of Squares</i>						
<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>DF</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Prob > F</i>	
<i>Quadratic</i>	9022,49	3	3007,5	3,858977	0,0233	<i>Suggested</i> <i>Aliased</i>
<i>Cubic</i>	11414,3	7	1630,6	4,267536	0,0088	
<i>Residual</i>	5731,45	15	382,1			
<i>Total</i>	3259208	32	101850,3			

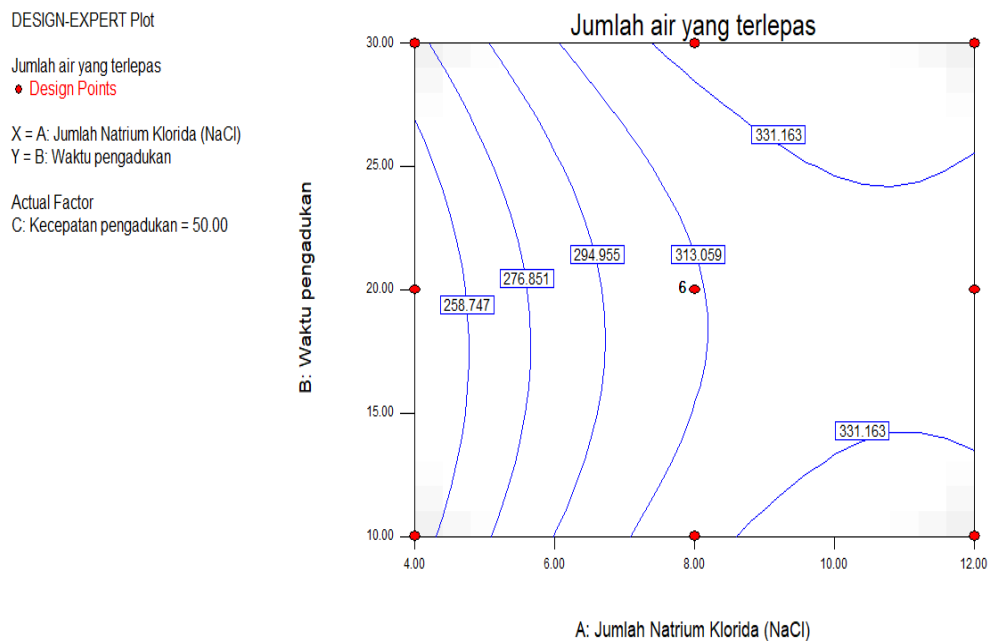
Tabel 4.8 menunjukkan bahwa model transformasi yang disarankan adalah model *linear* dan *quadratic*. Hal ini karena nilai Prob > F yang lebih kecil dari 0,05. Nilai Prob > F yang lebih kecil dari 0,05 menunjukkan model yang signifikan. Namun, pada penelitian dipilih model *quadratic* dikarenakan nilai F yang lebih kecil.

Selanjutnya dilakukan uji ANOVA, dengan hasil yang ditunjukkan dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil analisis ANOVA penambahan NaCl

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>DF</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Prob > F</i>	
<i>Model</i>	46670,3	9	5185,585822	6,653721	0,0001	<i>Significant</i>
A	30258	1	30258	38,8246	< 0,0001	
B	696,889	1	696,8888889	0,894191	0,3546	
C	4672,22	1	4672,222222	5,995015	0,0228	
A ²	5892,11	1	5892,110008	7,560275	0,0117	
B ²	2757,88	1	2757,879239	3,538686	0,0733	
C ²	1979,49	1	1979,494624	2,539926	0,1253	
AB	225,333	1	225,3333333	0,289129	0,5962	
AC	208,333	1	208,3333333	0,267316	0,6103	
BC	1587	1	1587	2,036309	0,1676	
<i>Residual</i>	17145,7	22	779,3512545			
<i>Lack of Fit</i>	17118,4	17	1006,964369	184,2008	< 0,0001	<i>Significant</i>
<i>Pure Error</i>	27,3333	5	5,466666667			
<i>Cor Total</i>	63816	31				
<i>Std. Dev.</i>	27,9169		<i>R-Squared</i>	0,731326		
<i>Mean</i>	316		<i>Adj R-Squared</i>	0,621413		
<i>C.V.</i>	8,83445		<i>Pred R-Squared</i>	0,270165		
<i>PRESS</i>	46575,1		<i>Adeq Precision</i>	9,435186		

Berdasarkan uji ANOVA, nilai Prob > F yang lebih kecil dari 0,05 menunjukkan hasil yang signifikan atau perlakuan ini berpengaruh. Dalam hal ini, terdapat pada A (Jumlah NaCl), C (Kecepatan pengadukan), dan A². Adapun *R-squared* sebesar 0,7313 dengan nilai *Adj R-Squared* sebesar 0,6214. Berdasarkan *R-Squared* didapat nilai model ini sebesar 73,13% yang menunjukkan bahwa model ini sudah cukup baik. Oleh karena itu, didapat model grafik sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Model grafik penambahan NaCl terhadap pelepasan air dalam SAP

Pada Gambar 4.6 tersebut, terdapat 9 titik merah. Apabila kita mengklik titik-titik tersebut maka akan muncul jumlah air yang terlepas berikut keterangan jumlah NaCl, waktu, dan kecepatannya.

b. Uji ANOVA terhadap Kalsium Karbonat (CaCO₃)

Uji ANOVA diawali dengan mengetahui bentuk transformasi model untuk mengetahui pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap pelepasan air yang terserap oleh SAP. Berdasarkan hasil perhitungan dengan DoE, maka bentuk transformasi model yang disarankan adalah model *quadratic*. Adapun hasil perhitungan dari DoE ditunjukkan oleh Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Bentuk transformasi model akibat penambahan CaCO₃

<i>Sequential Model Sum of Squares</i>						
<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>DF</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Prob > F</i>	
<i>Mean</i>	1780385	1	1780385			
<i>Linear</i>	4094,22	3	1364,74	1,7769	0,1744	
<i>2FI</i>	696,667	3	232,222	0,279	0,8400	
<i>Quadratic</i>	19158	3	6385,98	85,1124	< 0,0001	<i>Suggested</i>
<i>Cubic</i>	912,056	7	130,294	2,64608	0,0539	<i>Aliased</i>
<i>Residual</i>	738,604	15	49,2403			
<i>Total</i>	1805984	32	56437			

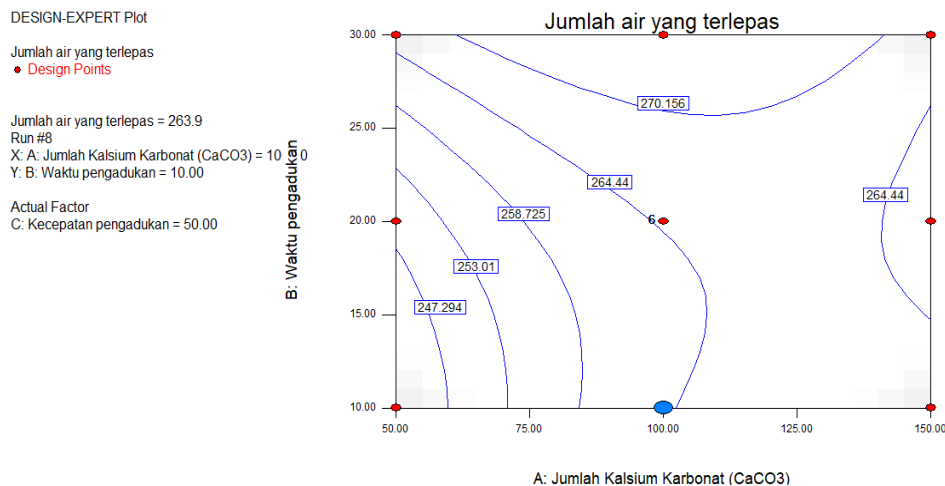
Selanjutnya dilakukan uji ANOVA, dan didapatkan hasil sebagaimana ditunjukkan Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil analisis ANOVA penambahan CaCO₃

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>DF</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Prob > F</i>	
<i>Model</i>	23948,8	9	2660,982278	35,4656	< 0,0001	<i>significant</i>
A	854,222	1	854,2222222	11,3851	0,0027	
B	648	1	648	8,63655	0,0076	
C	2592	1	2592	34,5462	< 0,0001	
A ²	567,067	1	567,0669975	7,55787	0,0117	
B ²	185,836	1	185,8362283	2,47683	0,1298	
C ²	16188,4	1	16188,40033	215,759	< 0,0001	
AB	507	1	507	6,7573	0,0164	
AC	56,3333	1	56,33333333	0,75081	0,3956	
BC	133,333	1	133,3333333	1,77707	0,1962	
<i>Residual</i>	1650,66	22	75,02997719			
<i>Lack of Fit</i>	1631,33	17	95,96036264	24,8173	0,0011	<i>significant</i>
<i>Pure Error</i>	19,3333	5	3,866666667			
<i>Cor Total</i>	25599,5	31				
<i>Std. Dev.</i>	8,66198		<i>R-Squared</i>	0,93552		
<i>Mean</i>	235,875		<i>Adj R-Squared</i>	0,90914		
<i>C.V.</i>	3,67228		<i>Pred R-Squared</i>	0,83191		
<i>PRESS</i>	4302,98		<i>Adeq Precision</i>	19,1432		

Berdasarkan Tabel 4.11 tersebut maka nilai yang signifikan didapat pada komponen A (jumlah CaCO_3), C (kecepatan pengadukan), A^2 , C^2 , dan AB. Hal ini dikarenakan nilai $\text{Prob} > F$ lebih kecil dari 0,05. Hasil yang signifikan menunjukkan bahwa faktor tersebut berpengaruh terhadap jumlah air yang terlepas. Adapun nilai *R-Squared* sebesar 0,9355, sedangkan nilai *Adj R-Squared* sebesar 0,9091. Berdasarkan nilai *R-Squared* tersebut, maka didapat nilai dari model ini sebesar 93,55% yang menunjukkan bahwa model ini sudah baik. Adapun nilai rata-rata (mean) dari model ini sebesar 235,88, yang menunjukkan rerata air yang terlepas oleh SAP sebesar 235,88 mL.

Hasil uji ANOVA selanjutnya diplot ke dalam model grafik. Model grafik dari penambahan CaCO_3 ditunjukkan oleh Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Model grafik penambahan CaCO_3 .

c. Uji ANOVA terhadap Urea

Pengaruh penambahan urea terhadap pelepasan air yang terserap oleh SAP mengikuti bentuk transformasi model 2FI. Model 2FI adalah model yang disarankan berdasarkan perhitungan dengan aplikasi DoE. Hasil perhitungan tersebut ditunjukkan oleh Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Bentuk transformasi model akibat penambahan urea

<i>Sequential Model Sum of Squares</i>						
<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>DF</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Prob > F</i>	
<i>Mean</i>	124501	1	124501			<i>Suggested</i>
<i>Linear</i>	39,7778	3	13,2593	0,11705	0,9494	

<i>Sequential Model Sum of Squares</i>						
<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>DF</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Prob > F</i>	
<i>2FI</i>	693,667	3	231,222	2,3327	0,0984	<i>Suggested</i>
<i>Quadratic</i>	341,995	3	113,998	1,17411	0,3422	
<i>Cubic</i>	962,944	7	137,563	1,75895	0,1697	<i>Aliased</i>
<i>Residual</i>	1173,12	15	78,2078			
<i>Total</i>	127712	32	3991			

Selanjutnya dilakukan analisis ANOVA menggunakan aplikasi DoE dengan bentuk transformasi tersebut, dan didapat hasil analisis ANOVA sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 4.13.

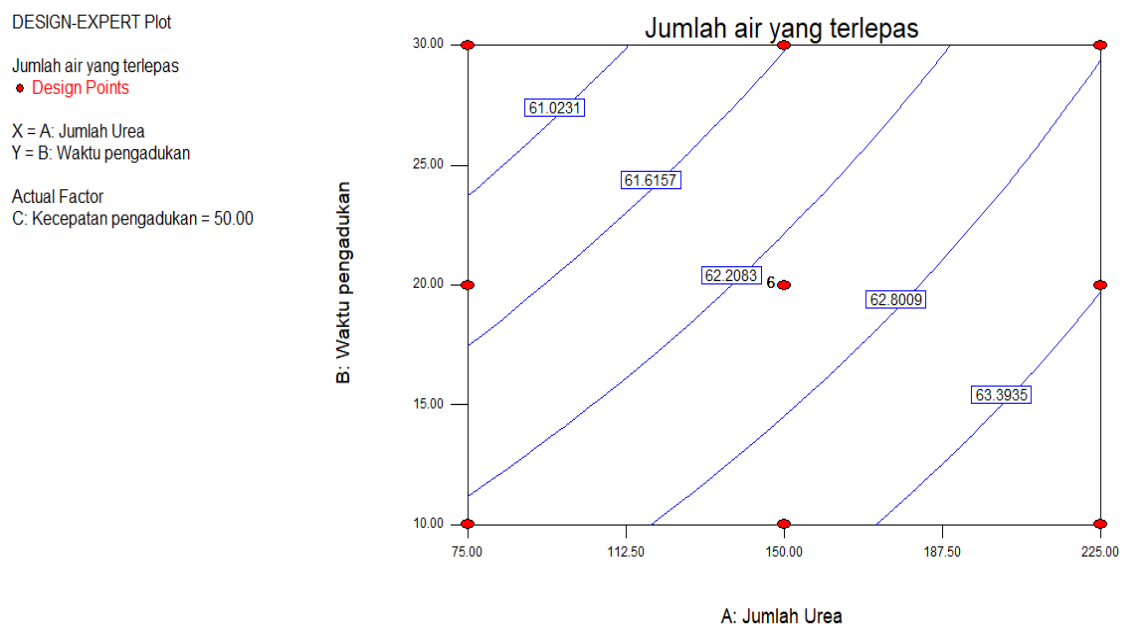
Tabel 4.13 Hasil analisis ANOVA penambahan Urea

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>DF</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Prob > F</i>	
<i>Model</i>	733,444	6	122,2407407	1,23323	0,3231	<i>not significant</i>
A	18	1	18	0,18159	0,6737	
B	10,8889	1	10,88888889	0,10985	0,7431	
C	10,8889	1	10,88888889	0,10985	0,7431	
AB	0,33333	1	0,333333333	0,00336	0,9542	
AC	645,333	1	645,3333333	6,51048	0,0172	
BC	48	1	48	0,48425	0,4929	
<i>Residual</i>	2478,06	25	99,12222222			
<i>Lack of Fit</i>	2466,72	20	123,3361111	54,413	0,0002	<i>significant</i>
<i>Pure Error</i>	11,3333	5	2,266666667			
<i>Cor Total</i>	3211,5	31				
<i>Std. Dev.</i>	9,95601		<i>R-Squared</i>	0,22838		
<i>Mean</i>	62,375		<i>Adj R-Squared</i>	0,04319		
<i>C.V.</i>	15,9615		<i>Pred R-Squared</i>	-0,2121		
<i>PRESS</i>	3892,72		<i>Adeq Precision</i>	4,3428		

Pada Tabel 4.13, ditunjukkan bahwa nilai Prob > F yang lebih kecil dari 0,05 hanya terdapat pada satu komponen, yaitu komponen AC, sebesar 0,0172. *R-Squared* sebesar 0,2284, dan *Adj R-Squared* sebesar 0,0432. Selain itu, terdapat nilai negatif pada *Pred R-Squared*. Hal ini mengimplementasikan bahwa prediksi terhadap respon lebih baik dibanding model yang ada. Secara umum, model ini tidak signifikan ditunjukkan dengan nilai Prob > F yang lebih besar dari 0,05. Hal

ini menunjukkan bahwa model ini rentan terhadap *noise* (gangguan). Sebesar 32,31% dari “*Model F-Value*” berpeluang menyebabkan *noise*.

Adapun model grafik dari pengaruh penambahan urea mengikuti bentuk kurva model 2FI yang ditunjukkan oleh Gambar 4.8. Pada Gambar 4.8 tersebut, terdapat 9 titik berwarna merah. Pada setiap titik mewakili kombinasi dari 3 variabel, yang apabila diklik pada salah satu titik merah, maka akan muncul jumlah air yang terlepas dari SAP.



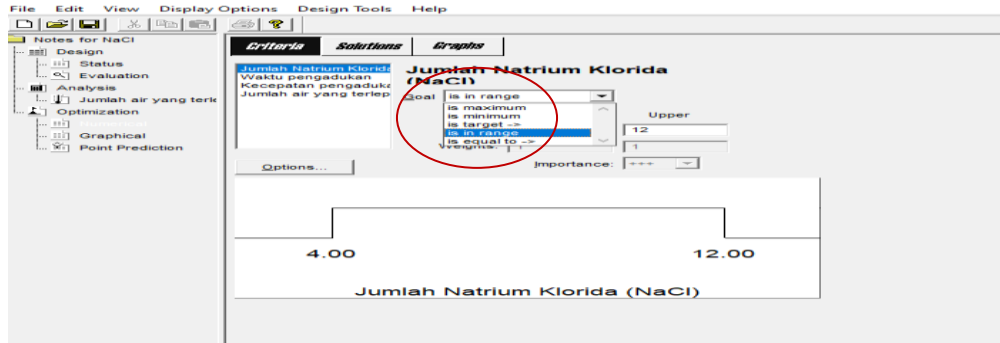
Gambar 4.8 Model grafik penambahan urea

Adanya penambahan beberapa jenis garam higroskopis terhadap SAP dengan variasi perlakuan yang berbeda belum dapat menghasilkan perlakuan yang paling optimum hanya dengan uji ANOVA. Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai optimum maka perlu dilakukan uji statistik lanjutan menggunakan program DoE 6.10.0.

4.2.3 Uji Optimasi

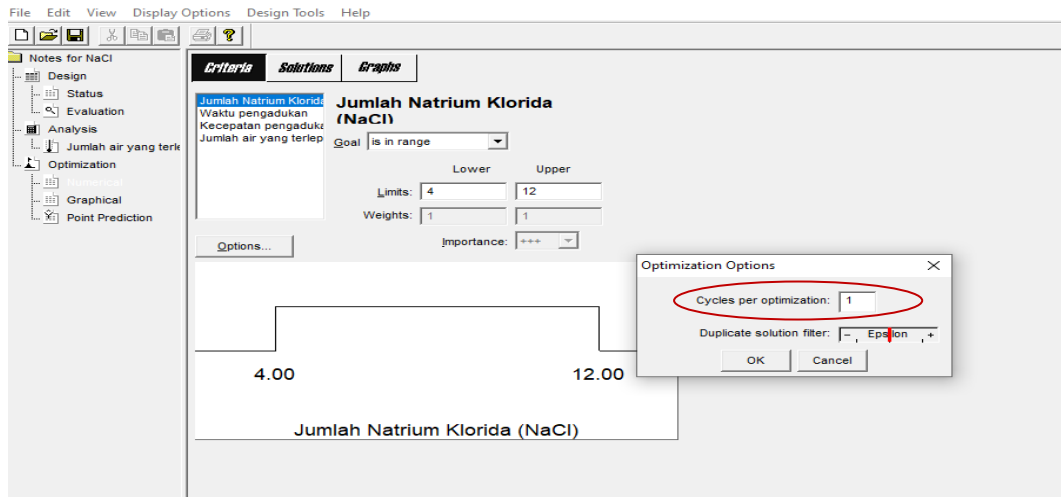
Analisis optimasi dilakukan dengan menggunakan program DoE 6.10.0 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Mengatur “goals” untuk setiap variabel dengan “*is in range*” sementara pada respon diisi “*is maximum*”.



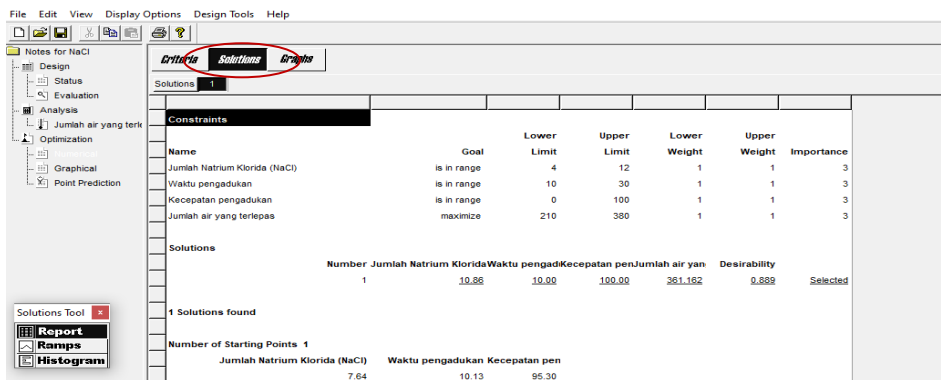
Gambar 4.9 Pengaturan “goals” pada program DoE

2. Pada bagian “*option cycles per optimization*” diisi dengan angka 1.



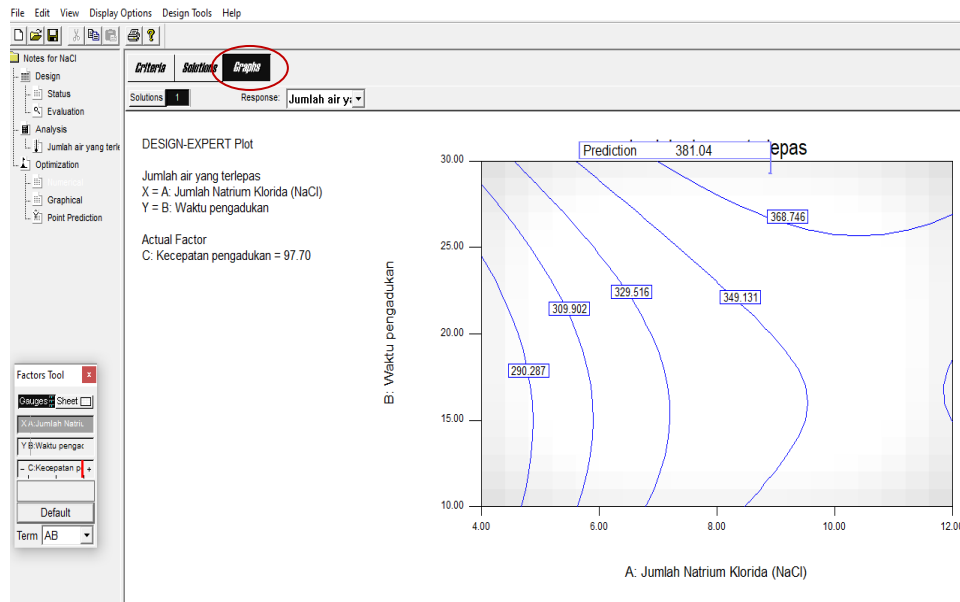
Gambar 4.10 Pengaturan “*option cycles per optimization*” pada program DoE

3. Klik “*solution*”, maka akan muncul nilai optimum dari respon.



Gambar 4.11 Contoh hasil optimasi

- Klik “graphs”, maka akan muncul prediksi jumlah air yang akan terlepas dengan variasi yang ditampilkan oleh *solution*.



Gambar 4.12 Contoh Grafik hasil optimasi

- Melakukan validasi berdasarkan hasil optimasi dari program DoE.

Hasil optimasi dari ketiga jenis garam higroskopis akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut.

- Optimasi terhadap Natrium Klorida (NaCl)

C:\Program Files (x86)\DX6\NaCl.d6 - Design-Expert 6.0.10

File Edit View Display Options Design Tools Help

Notes for NaCl

Criteria Solutions **Graphs**

Solutions 1 Response: Jumlah air y₁

Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Jumlah Natrium Klorida (NaCl)	is in range	4	12	1	1	3
Waktu pengadukan	is in range	10	30	1	1	3
Kecepatan pengadukan	is in range	0	100	1	1	3
Jumlah air yang terlepas	maximize	210	380	1	1	3

Solutions						
Number	Jumlah Natrium Klorida	Waktu pengadukan	Kecepatan pengadukan	Jumlah air yang terlepas	Desirability	
1	11.45	29.91	98.31	368.108	1.000	Selected

1 Solutions found

Number of Starting Points 1			
Jumlah Natrium Klorida (NaCl)	Waktu pengadukan	Kecepatan pengadukan	
11.70	16.55	54.76	

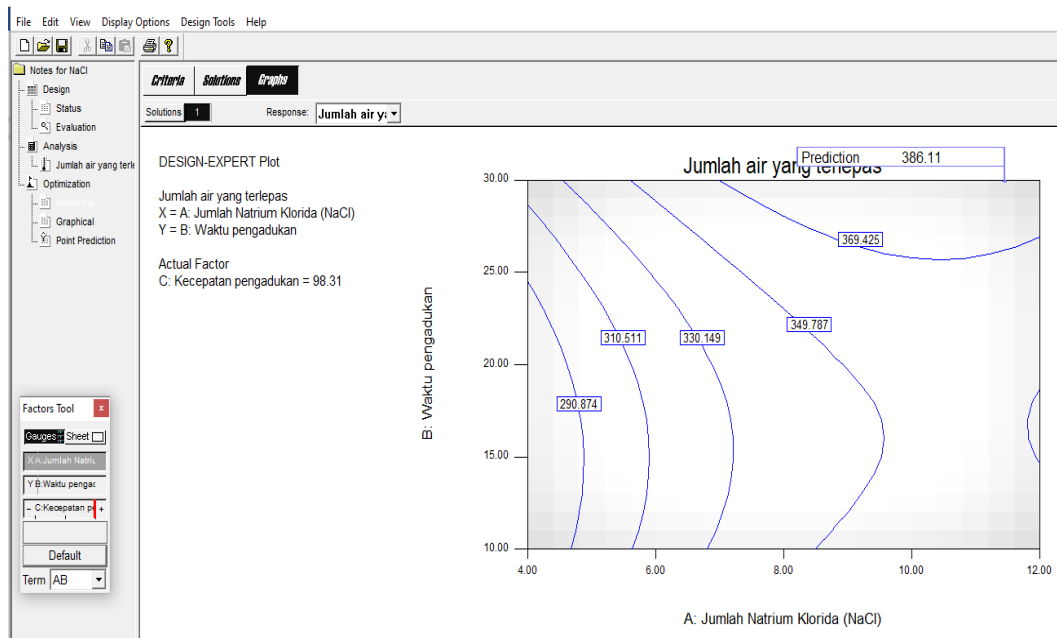
Solutions Tool

Report Ramps Histogram

Gambar 4.13 Hasil optimasi NaCl

Pada Gambar 4.13, dapat dilihat hasil optimasi NaCl menggunakan program DoE. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa hasil optimum akan didapat dengan penambahan garam NaCl sebanyak 11,45 gram dengan kecepatan pengadukan sebesar 98,31 rpm selama 29,91 menit. Jumlah optimum air yang akan terlepas dari SAP sebesar 386,106 mL. Pada hasil optimasi ini, didapat nilai *desirability* (nilai yang diinginkan) sebesar 1.

Berdasarkan hasil optimasi, selanjutnya diplot kedalam sebuah grafik model. Adapun grafik model dari optimasi penambahan NaCl terhadap pelepasan air yang terserap SAP ditunjukkan oleh Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik model hasil optimasi NaCl

Setelah melakukan optimasi menggunakan program DoE, selanjutnya dilakukan validasi. Validasi dilakukan dengan melakukan eksperimen sesuai hasil optimasi yang didapat. Validasi dilakukan dengan 3 kali pengulangan. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan validitas model yang didapat. Hasil validasi terhadap hasil optimasi NaCl ditampilkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil validasi terhadap penambahan NaCl

No	Keterangan	Jumlah NaCl (gram)	Waktu pengadukan (menit)	Kecepatan pengadukan (rpm)	Jumlah air yang terlepas (mL)
1	Hasil Optimasi program	11,45	29,91	98,31	386,108
2	Percobaan 1	11,45	29,91	98,31	385
3	Percobaan 2	11,45	29,91	98,31	386
4	Percobaan 3	11,45	29,91	98,31	386
Rata-rata					385,67

Berdasarkan Tabel 4.14, didapat rata-rata hasil validasi sebesar 385,67 mL. Hal ini menunjukkan sebesar 99,8% hasil validasi sesuai dengan hasil optimasi dengan program DoE.

b. Optimasi terhadap Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Hasil optimasi terhadap CaCO_3 ditunjukkan oleh Gambar 4.15.

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Jumlah Kalsium Karbonat (CaCO_3)	is in range	50	150	1	1	3
Waktu pengadukan	is in range	10	30	1	1	3
Kecepatan pengadukan	is in range	0	100	1	1	3
Jumlah air yang terlepas	maximize	186	282	1	1	3

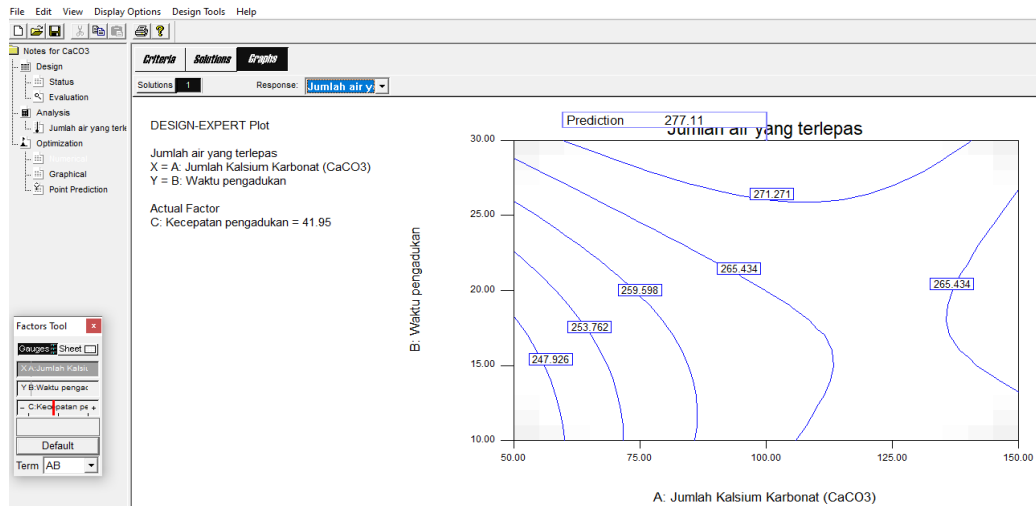
Number	Jumlah Kalsium Karbon	Waktu pengadukan	Kecepatan pengadukan	Jumlah air yang terlepas	Desirability	
1	100.13	30.00	41.95	277.106	0.949	Selected

Number of Starting Points 1			
Jumlah Kalsium Karbonat (CaCO_3)	Waktu pengadukan	Kecepatan pengadukan	
79.79	26.12	99.60	

Gambar 4.15 Hasil optimasi CaCO_3

Pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa hasil optimum yang akan didapat yaitu pada penambahan CaCO_3 sebesar 100,13 gram dengan kecepatan pengadukan sebesar 41,95 rpm selama 30 menit. Jumlah optimum air yang terlepas sebesar 277,106 mL dengan nilai *desirability* (nilai yang diinginkan)

sebesar 0,949. Selanjutnya, hasil optimasi tersebut diplotkan ke dalam model grafik sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Grafik model hasil optimasi CaCO_3

Adapun validasi terhadap penambahan CaCO_3 ditunjukkan oleh Tabel 4.15.

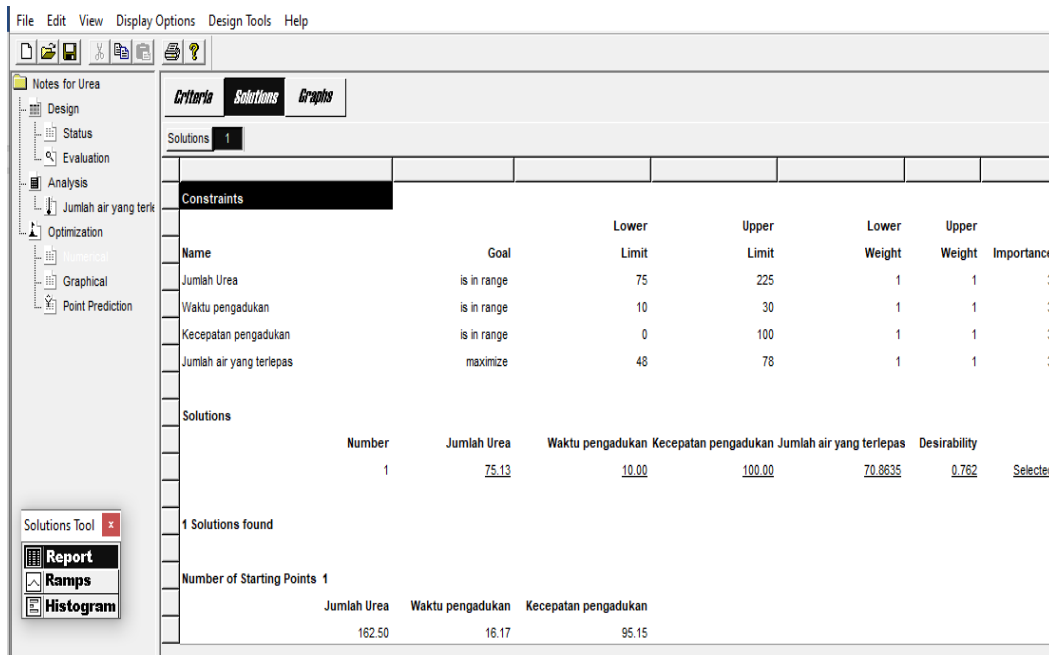
Tabel 4.15 Hasil validasi terhadap penambahan CaCO_3

No	Keterangan	Jumlah CaCO_3 (gram)	Waktu pengadukan (menit)	Kecepatan pengadukan (rpm)	Jumlah air yang terlepas (mL)
1	Hasil Optimasi program	100,13	30	41,95	277,106
2	Percobaan 1	100,13	29,91	41,95	275
3	Percobaan 2	100,13	29,91	41,95	260
4	Percobaan 3	100,13	29,91	41,95	270
Rata-rata					268,33

Pada Tabel 4.15 didapat nilai rata-rata jumlah air yang terlepas dari proses validasi sebesar 268,33 mL. Hal ini menunjukkan sebesar 97,4% hasil validasi sesuai dengan hasil optimasi dari program DoE.

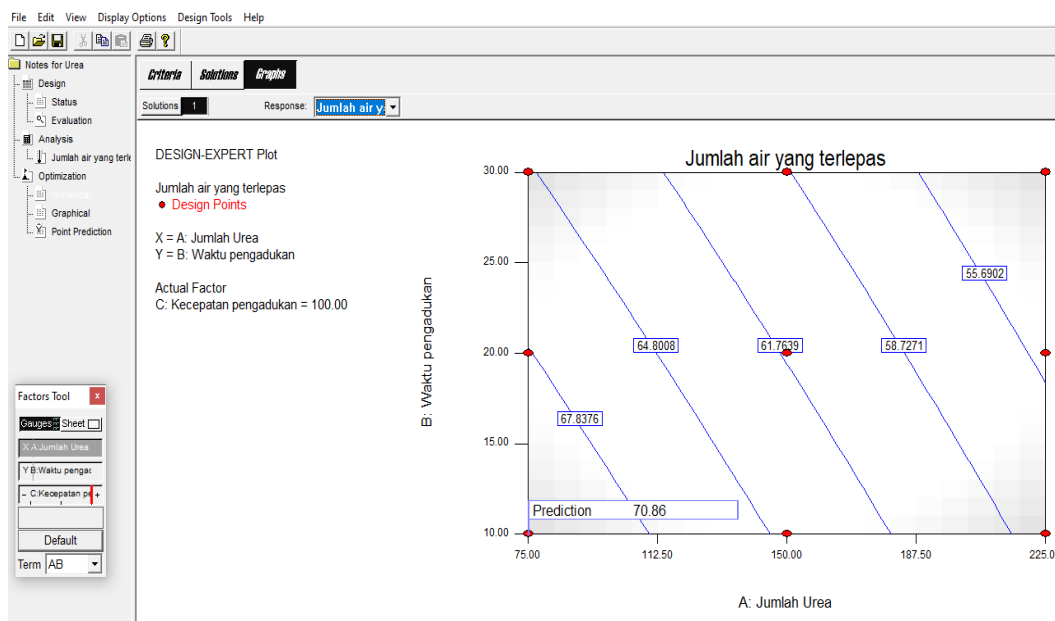
c. Optimasi terhadap Urea.

Hasil optimasi terhadap Urea menggunakan program DoE ditunjukkan oleh Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Hasil optimasi terhadap penambahan Urea

Pada Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa jumlah air optimum yang dapat terlepas sebesar 70,86 mL. jumlah optimum ini didapat dengan melakukan penambahan urea sebanyak 75,13 gram dengan kecepatan pengadukan sebesar 100 rpm selama 10 menit. Adapun nilai *desirability* dari hasil optimasi terhadap urea sebesar 0,762. Model grafik dari hasil optimasi tersebut ditunjukkan oleh Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Grafik model hasil optimasi Urea

Berdasarkan hasil optimasi selanjutnya dilakukan uji validasi dengan melakukan eksperimen sesuai dengan hasil pada optimasi tersebut. Adapun hasil validasi ditunjukkan oleh Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil validasi terhadap penambahan Urea

No	Keterangan	Jumlah Urea (gram)	Waktu pengadukan (menit)	Kecepatan pengadukan (rpm)	Jumlah air yang terlepas (mL)
1	Hasil Optimasi program	75,13	10	100	70,86
2	Percobaan 1	75,13	10	100	68
3	Percobaan 2	75,13	10	100	50
4	Percobaan 3	75,13	10	100	64
Rata-rata					60,66

Pada Tabel 4.16, didapat rata-rata dari 3 kali percobaan, jumlah air yang terlepas akibat penambahan urea sebesar 60,66 mL. Hal ini menunjukkan bahwa sebesar 85,6% hasil validasi sesuai dengan hasil optimasi dengan program DoE.

Pada hasil validasi ketiga jenis garam higroskopis, didapat perbedaan antara hasil percobaan dengan hasil optimasi. Oleh karena itu, dihitung nilai error dari hasil validasi terhadap hasil optimasi program DoE.

Menurut collegeofsanmateo.edu , persen error (PE) dihitung dengan rumus:

$$PE = \left| \frac{\textit{accepted} - \textit{measured}}{\textit{accepted}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Dimana pada penelitian ini *accepted* dinyatakan sebagai jumlah air yang terlepas hasil optimasi program, sementara *measured* dinyatakan sebagai jumlah air yang terlepas dari percobaan. Maka didapatkan hasil perhitungan persen error dari masing-masing garam higroskopis sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 4.17-4.19.

Tabel 4.17 Persen error hasil validasi NaCl

No	Keterangan	Jumlah air yang terlepas (mL)	Error (%)
1	Hasil Optimasi program	386,108	0
2	Percobaan 1	385	0,00287
3	Percobaan 2	386	0,00028
4	Percobaan 3	386	0,00028
Rata-rata		385,666	0,00114

Pada Tabel 4.15 didapatkan, nilai rata-rata persen error dari hasil validasi garam NaCl sebesar 0,00114%. Semakin kecil nilai persen error menyatakan semakin baik model. Pada penelitian laboratorium, nilai persen error <10% menyatakan bahwa model dapat diterima. Oleh karena itu, model pengaruh penambahan garam NaCl terhadap pelepasan air yang terserap SAP dapat diterima.

Tabel 4.18 Persen error hasil validasi CaCO₃

No	Keterangan	Jumlah air yang terlepas (mL)	Error (%)
1	Hasil Optimasi program	277,106	0,00
2	Percobaan 1	275	0,76
3	Percobaan 2	260	6,17
4	Percobaan 3	270	2,56
Rata-rata		268,33	3,17

Pada Tabel 4.18, didapatkan rata-rata persen error dari validasi CaCO₃ yaitu 3,17%. Dengan demikian, model pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap pelepasan air yang terserap SAP dapat diterima.

Tabel 4.19 Persen error validasi urea

No	Keterangan	Jumlah air yang terlepas (mL)	Error (%)
1	Hasil Optimasi program	70,86	0,00
2	Percobaan 1	68	4,04
3	Percobaan 2	50	29,44
4	Percobaan 3	64	9,68
	Rata-rata	60,667	14,39

Pada Tabel 4.19, didapatkan nilai rata-rata persen error dari validasi urea sebesar 14,39%. Nilai persen error ini berada diatas 10%, oleh karena itu model pengaruh penambahan urea terhadap pelepasan air yang terserap SAP tidak dapat diterima.

Berdasarkan hasil uji optimasi menunjukkan bahwa garam NaCl merupakan garam yang mampu melepaskan air yang terserap SAP paling banyak. Akan tetapi, penggunaan NaCl di lapangan tidak dianjurkan. Amira (2015) menuturkan ketersediaan garam NaCl dalam jumlah banyak di dalam tanah akan mengakibatkan menurunnya pengambilan air oleh tanaman serta mengganggu proses metabolisme tumbuhan. Menurut Kaydan dan Okut (2007) menyatakan bahwa terganggunya metabolisme mengakibatkan menurunnya aktivitas meristematik dan perbesaran sel dikarenakan respirasi menjadi tinggi yang nantinya membutuhkan banyak energi. Namun, ada beberapa varietas tanaman yang tahan terhadap cekaman salinitas seperti tanaman kacang-kacangan (*leguminosae*). Tanaman kacang-kacangan umumnya tahan terhadap cekaman salinitas disebabkan kemampuannya dalam mengakumulasi Kalium (K) dan menghambat translokasi Na dari akar ke tajuk, namun kurang tahan terhadap cekaman salinitas yang tinggi (Murillo, *et al.*, 2006).

Gogile, *et al.*, (2013) meneliti tentang perkecambahan kacang tunggak. Pada penelitian tersebut disebutkan bahwa perkecambahan 19 genotip kacang tunggak menunjukkan bahwa salinitas 200 mM (7100 ppm) menurunkan

persentase perkecambahan pada 12 genotip kacang tunggak, 7 genotip lainnya tidak mampu berkecambah. Hasil penelitian Fuskhah, *et al.* (2014) menunjukkan rata-rata tinggi tanaman, berat basah, dan berat kering pada tanaman leguminosa lamtoro dan turi mengalami penurunan pada perlakuan salinitas 2000 ppm. Menurut penelitian Taufiq dan Purwaningrahayu (2013) perlakuan air laut yang memiliki Daya Hantar Listrik (DHL) 15,8 dS/m (7900 ppm) pada tanaman kacang hijau (*Vigna sinensis*) memiliki pengaruh nyata terhadap penurunan rata-rata tinggi tanaman, bobot kering akar, dan bobot kering tajuk.

Oleh karena itu, perlu dilakukan kombinasi garam higroskopis untuk melepaskan air yang terserap SAP agar dapat diaplikasikan di pertanian. Namun, pada penelitian belum dapat dilakukan uji pelepasan air yang terserap SAP dengan mengkombinasikan tiga jenis garam (NaCl, CaCO₃, dan urea) dikarenakan adanya keterbatasan waktu dan bahan untuk penelitian.



BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Penambahan garam higroskopis memengaruhi pelepasan air yang terserap SAP dalam popok bayi sekali pakai. Jenis garam higroskopis yang ditambahkan memberikan pengaruh yang berbeda. Jenis garam higroskopis dengan valensi 1 seperti NaCl menyebabkan pelepasan air paling tinggi. Selain itu, semakin besar nilai jumlah garam yang ditambahkan, waktu pengadukan, dan kecepatan pengadukan menyebabkan semakin mudah pelepasan air yang terserap SAP.
2. Nilai optimum dari penambahan garam-garam higroskopis terhadap pelepasan air menggunakan program DoE berbeda sesuai jenis garam yang digunakan. Pada NaCl, jumlah air optimum yang dapat dilepaskan oleh SAP sebesar 386,108 mL/11,45 gram NaCl atau sebesar 33,72 mL/gr NaCl, dimana kebutuhan NaCl tiap gram SAP sebesar 2,29 gram. Sementara itu, pada CaCO₃, jumlah air optimum yang dapat dilepaskan oleh SAP sebesar 277,103 mL/100,13 gram CaCO₃ atau 2,76 mL/gr CaCO₃, dimana kebutuhan CaCO₃ tiap gram SAP sebesar 20,02 gram. Adapun pada urea, jumlah optimum air yang dapat terlepas oleh SAP sebesar 70,86 mL/75,13 gr urea atau sebesar 0,94 mL/gr urea, dimana kebutuhan urea tiap gram SAP sebesar 15,02 gram. Sehingga garam yang paling optimum digunakan dalam pelepasan air oleh SAP adalah NaCl.

5.2 Saran dan Rekomendasi

Pada penelitian ini, penulis memberikan beberapa saran dan rekomendasi, diantaranya:

1. Dilakukan uji karakterisasi terhadap SAP dari popok bayi, serta garam-garam higroskopis yang digunakan. Sehingga memudahkan peneliti dalam menentukan reaksi kimia yang terjadi.
2. Dilakukan uji gravimetri untuk memperkuat data terkait air yang terlepas dan air yang masih tertahan dalam SAP. Oleh karena itu, dapat disesuaikan dengan kesetimbangan massa (*mass balance*).
3. Dilakukan studi literatur yang lebih mendalam terkait jenis garam higroskopis apa saja yang dapat digunakan untuk melepas air yang terserap oleh SAP.
4. Dilakukan penelitian lanjutan dengan menggabungkan ketiga jenis garam higroskopis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pelepasan air yang terserap SAP.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, M. 1997. *Teknik Kromatografi untuk Analisis Bahan Makanan*. Penerbit Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Agaba, H., Orikiriza, L.J.B., Obua, J., Kabasa, J.D., Worbes, M., dan Hüttermann, A. 2011. *Hydrogel amendment to sandy soil reduces irrigation frequency and improves the biomass of Agrostis stolonifera*. *Agricultural Sciences*, vol. 2[4]:544-550.
- Baldwin, S., Odio, M.R., Haines, S.L., O'Connoer, R.J., Englehart, J.S., dan Lane, A.T. 2001. *Skin Benefits from Continuous Topical Administration of A Zinc Oxide/Petrolatum Formulation by A Novel Disposable Diaper*. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, vol 15[1]: 5-11.
- Bernasconi, G., H. Gerster, H. Hauser, H. Stauble, dan E. Schneiter. 1995. *Teknologi Kimia Bagian 2*. Terjemahan Lienda Handoyo. Pradnya Paramita. Jakarta.
- BKKBN. 2019. *Info Demografi*. Jakarta : BKKBN.
- Braihi, A.J. 2017. *Superabsorbent Polymers*. Polymer and Petrochemical Industries Dep, College of Material Engineering, University of Babylon, Iraq.
- Buzanowski, W.C., Cutie S.S., Howell, R., Papenfuss, R., dan Smith, C. 1994. *Determination of Sodium Polyacrylate By Pyrolysis Gas Chromatografi*. *Journal of Chromatography*, vol 677 [2]: 355-364.
- Cahyono, E., Juanita, F.J., Bella, A.L., and Nurfaida, K. 2019. *Karakterisasi Kalsium Karbonat (CaCO₃) dari Cangkang Landak Laut (Diadema setosum)*. *Jurnal Fishtech*. Vol.8[1]: 27-33.
- Campbell, R.L., Seymour, J.L. Stone, L.C., Milligan, M.C. 1987. *Clinical Studies Disposable Diapers Containing Gelling Material : Evaluation On Effect On Infant Skin Condition*. *Journal of the American Academy of Dermatology*, vol 17 [6]: 978-987.

- Chu, K.H. dan M.A. Hashim. 2001. *Desorption of Copper from Polyvinyl Alcohol-Immobilized Seaweed Biomass*. Acta Biotechnol. 21 (2001) 4, 295-306.
- Chu, B.S., B.S. Baharin, Y.B. Che Man, dan S.Y. Quek. 2004. *Separation of Vitamin E from Palm Fatty Acid Distillate Using Silica. III. Batch Desorption Study*. Journal of Food Engineering. Vol. 64 : 1-7
- Colon, J., Luz, R., Antoni, S., Aina, G., dan Ignasi, P. 2011. *Possibilities of Composting Disposable Diapers with Municipal Solid Wastes*. Waste Management and Research, vol 29[3]: 249-259.
- Damayanti, N., Nugroho, T.T., dan Haryani, Y. 2010. *Biodegradasi Popok Bayi Menggunakan Jamur Selulotik Trichoderma asperellum T.N.J63 dengan Fermentasi Padat*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Riau.
- Dehkordi, K. 2016. *The effects of Superabsorbent on soils and planta*. Pertanika J Trop Agric Sci. vol. 39 [3]: 267-298.
- Demitri, C., Scalera, F., Madaghiele, M., Sannino, A., dan Maffezzoli, A. 2013. *Potential of Cellulose-Based Superabsorbent Hydrogels as Water Reservoir in Agriculture*. International Journal of Polymer Science. [2013]:1-6.
- Dey, S., Mike, P., Taryn, K., Hans, M.H., Kenny, K., Lijuan, L., dan Shaoying, Z. 2016. *Exposure Factor Considerations for Safety Evaluation of Modern Disposable Diapers*. Regulatory Toxicology and Pharmacology, vol 81: 183-193.
- Durakovic,B. 2017. *Design of Experiments Application, Concepts, Examples : State of The Art*. PerPeriodicals of Engineering and Natural Sciences. Vol.5 [3]: 421-439.
- Duraković,B dan Bašić,H. 2013. *Continuous Quality Improvement in Textile Processing by Statistical Process Control Tools: A Case Study of Medium-Sized Company*. Periodicals of Engineering and Natural Sciences, vol. 1 [1] : 36-46.
- Ekebafé,L.O., Ogbeifun,D.E., dan Okieimen,F.E. 2011. *Polymer Application In Agricultural*. Biochemistry. Vol. 23[20] : 81-89.

- Elliot, M. 2010. *Super Absorbent Polymers*. BASF.
- El Saied, H., El Hady, O.A., Basta, A.H., El Dewiny, C.Y., Abo Sedera, S.A. 2016. *Biochemical properties of sandy calcerous soil treated with rice straw based hydrogel*. J Saudi Soc Agric Sci. vol. 15: 188-194. doi: 10.1016/j.jssas.2014.11.004.
- Engelstad, 1985. *Teknologi dan Penggunaan Pupuk* (edisi terjemahan G.H. Goenadi). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Fajrin, MR. 2016. *Komposisi Unsur dalam Pupuk*, (Online), (www.Chemistric.com/2016/04/KomposisiUnsurdalamPupuk.html diakses tanggal 16 Mei 2020).
- Fuskah, E, Soetrisno, RD, Anwar, S, & Kusmiyati, F. 2014. *Kajian Morfologi dan Fisiologi Ketahanan Leguminosa Pakan*. Agromedia, vol. 32[2]:45 – 53.
- Garud, S.S., Karimi, I.A., dan Kraft, M. 2017. *Design of computer experiments: A review*. Computers & Chemical Engineering, vol. 106 : 71-95.
- Ghosh, P. 2003. *Polymer Science and Technology*. Second Edition. Tata McGraw-Hill, New Delhi, India.
- Ghozali, I. 2009. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS* . Universitas Diponegoro, Semarang.
- Gogile, A, Andargie, M, & Muthuswamy, M. 2013. *The Response Of Some Cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp.) Genotypes For Salt Stress During Germination And Seedling Stage*. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, vol. 9[4]: 73 – 84.
- Guilherme, MR., Aouada, F.A., Fajardo, A.R., Martins, A.F., Paulino, A.T., Davi, M.F.T., Rubira, A.F., dan Muniz, E.C. 2015. *Super Absorbent Hydrogels Based on Polysaccharides for Application in Agriculture as Soil Conditioner and Nutrient Carrier: A review*. European Polymer Journal [15]:1-56.
- Hibbert, D. B. 2012. *Experimental design in chromatography: A tutorial review*. Journal of Chromatography B, vol. 910 : 2-13.

- Hua, F. 2001. *Synthesis of Self Crosslinking Sodium Polyacrylate Hydrogel And Water Absorbing Mechanism*. Journal of Material Science, vol 36: 731-738.
- Irwan, A., Sunardi, dan Syabatini, A. 2013. *Polimer Superabsorben Berbasis Akrilamida (AAM) Tercangkok Pati Bonggol Pisang (Musa paradisiaca)*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.
- Kaydan, D. dan Okut, M.Y. 2007. *Effects Of Salicylic Acid On The Growth And Some Physiological Characters In Salt Stressed Wheat (Triticum aestivum L)*. Tarim Bilimleri Dergisi, vol. 13[2]:114-119.
- Kirboga, S. dan Oner, M. 2013. *Effect of the Experimental Parameters on Calcium Carbonate Precipitation*. Chemical Engineering Transactions, Vol. 32, ISSN: 1974-9791. Italia : AIDIC.
- Kirk, R.E. dan D.F. Othmer. 1963. *Encyclopedia of Chemical Technology Second Edition*. Vol. 1. Interscience Publishers, A Division of John Wiley & Sons, Inc. New York. USA.
- Konta, J., and Clay, M. 1995. *Clay Row Materials in The Service of Man*. Appl.Clay Sci. 10(4): 275-335.
- Kosemund, K., Schlatter, H., Ochsenhirt, J. L., Krause, E. L., Marsman, D. S., dan Erasala, G. N. 2009. *Safety Evaluation of Superabsorbent Baby Diapers*. Regulatory Toxicology and Pharmacology, vol 53[2]: 81-89.
- Kunrat T.S. dan Suhala. S. 1995. *Bahan Galian Industri Kaolin*. PPTM. Bandung.
- Lailiyah, Q., Baqiya, M., Darminto. 2012. *Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Gas CO2 pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat dengan Metode Bubbling*. Jurnal Sains dan Seni ITS, Vol. 1, No. 1 ISSN: 2301-928X. Surabaya : ITS.
- Latip, R.A., B.S. Baharin, Y.B. Che Man, dan R.A. Rahman. 2001. *Effect of Adsorption and Solvent Extraction Process on the Percentage of Carotene Extracted from Crude Palm Oil*. JAOCS, Vol. 78[1].
- Li Xi, He Ji-Z, Hughes JM, Liu YR, Zheng YM. 2014. *Effect of superabsorbent polymers on soil-wheat (Triticum aestivum L.) system in the field*. J Appl Soil Ecol. Vol.73 :58-63.doi: 10.1016/j.apsoil.2013.08.2005.

- Martina,A. dan Judy,R.W. 2014. *Pemurnian Garam dengan Metode Hidroekstraksi Batch*. Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.
- Moelyaningrum, A.D. 2018. *Mother Perception In Disposable Baby Diapers Waste And The Management*. Website **diakses** pada tanggal 16 Desember 2019. INA-Rxiv. March 9. doi:10.31227/osf.io/kpgmc.
- Murillo, AB, Troyo DE, Garcia, HJL, Lopez, AR, Avila, SNY, Zamora, SS, Rueda, PEO, & Kaya, C. 2006. *Effect Of NaCl Salinity In The Genotypic Variation Of Cowpea (Vigna uguiculata) During Early Vegetative Growth*. Journal Scientia Horticulturae, vol. 108: 423 – 431.
- Murray,H.H. 2004. *Structural variations in some kaolinites in relation to dehydrated halloysite*. American Mineralogist. 39: 97–108
- Murray, H.H. 2007. *Applied Clay Mineralogy*. Durham (UK): Duke University Press.
- Nainggolan, GD. 2010. *Pola Pelepasan Nitrogen dari Pupuk Tersedia Lambat (Slow Release Fertilizer)* (Skripsi). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Notohadiprawiro, T. 1998. *Tanah dan Lingkungan*. Direktorat Jenderal Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Othmer, K. 1969. *Encyclopedia of Chemical Technology Second Edition*. Vol 18, John Wiley and Sons Inc., USA
- Parvathy, P.C. dan Jyothi, A.N. 2014. *Rheological and Thermal Properties of Saponified Cassava Starch-g-Poly(acrylamide) Superabsorbent Polymers Varying in Grafting Parameters and Absorbency*. Journal of Applied Polymer Science, vol.131(11): 40368- 40379.
- Paulo,F. dan Santos,L. 2017. *Design of experiments for microencapsulation applications: A review*. Materials Science and Engineering: C, vol. 77 : 1327-1340.
- Ratya,H. dan Herumurti,W. 2017. *Timbulan dan Komposisi Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Rungkut Surabaya*. Jurnal Teknik ITS. Vol.6[2] : 451-453.
- Reswari, S. 2013. *Perencanaan Sistem Pengelolaan Sampah Popok di Kecamatan Gubeng Surabaya Timur*. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya.

- Sadeghi, M dan Kouchakzadeh, GH. 2007. *Swelling Kinetics Study Of Hydrolyzed Carboxymethylcellulose-Poly (Sodium Acrylate-Co-Acrylamide) Superabsorbent Hydrogel With Salt-Sensitivity Properties*. Journal of Sciences. Vol.17 [64] : 19-26.
- Sayyari M, Ghabrani F. 2012. *Effect of Super Absorbant Polymer A200 on the growth, yield and some physiological responses in sweet pepper (Capsicum annum L.) under various irrigation regimes*. J Agric Food Res. 1 (1)1-11.
- Schlueter,A. dan Geyer,P. 2018. *Linking BIM and Design of Experiments to balance architectural and technical design factors for energy performance*. Automation in Construction, vol. 86 : 33-43.
- Sedivy. 2010. *Recent Developments in International Salt Trade : Review of International Salt Trade Developments in Asia-Pasific Region*. International Salt Summit, Ahmedabad, Gujarat, http://www.salt-22partners.com/pdf/Ahmedabad2010_PresentationTradeMin.pdf. (online).Diakses tanggal 8 Februari 2020.
- Setyoprato, P., Siswanto, W., dan Ilham, H.S. 2003. *Studi Eksperimental pemurnian Garam NaCl dengan Cara Rekrystalisasi*, Surabaya, http://repository.ubaya.ac.id/28/1/Art0002_Puguh.pdf. (online). Diakses tanggal 8 Februari 2020.
- Syarief, E.S. 1986. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan Tanah Pertanian*. Pustaka Buana, Bandung.
- Taufiq & Purwaningrahyu. 2013. *Tanggap Kacang Hijau Terhadap Salinitas*. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan, vol. 32[3]: 159 – 170.
- Vundavalli, R., Vundavalli, S., Nakka,M., dan Rao, S.D. 2015. *Biodegradable Nano-Hydrogels in Agricultural Farming-Alternative Source For Water Resources*. Procedia Materials Sciences [10]:548-554.
- Waltham,T. 2002. *Foundation of Engineering Geology*. SPON PRESS: London and New York
- Wankasi, D., Horsfall,M. Jnr dan Spiff, A.I. 2005. *Desorption of Pb²⁺ and Cu²⁺ from Nipa Palm (Nypa fructicans Wurmb) Biomass*. African Journal of Biotechnology Vol. 4 [9] : 923-927.

<https://collegeofsanmateo.edu/physics/docs/physics250/introduction.pdf>.

Introduction of Percent Error and Percent Difference. (online). Diakses pada tanggal 15 Juli 2020.

[https://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/19/07/22/pv1qtj284-bnpb-](https://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/19/07/22/pv1qtj284-bnpb-20269-hektare-lahan-pertanian-berpotensi-puso)

[20269-hektare-lahan-pertanian-berpotensi-puso](https://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/19/07/22/pv1qtj284-bnpb-20269-hektare-lahan-pertanian-berpotensi-puso). (online). Diakses pada tanggal 4 Maret 2020.

http://www.venturecenter.co.in/techrx/pdfs/TechShowcase_SAP.pdf. (online).

Diakses pada tanggal 23 November 2019.

Xiao, X., Yu, L., Xie, F., Bao, X., Liu, H., Ji, Z., dan Chen, L. 2017. *One-Step Method to Prepare Starch-Based Super Absorbent Polymer for Slow Release of Fertilizer*. *Chemical Engineering Journal* [309]:607-616.

Yazdani F, Aladadi I, Akbari G, Behbehani MR. 2007. *Effect of different rates of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on soybean (Glycine max L.) yield and yield components*. *Pakistan J Biol Sci*. 75: 167-174.

Yu, P., Low, M. Y., dan Zhou, W. 2018. *Design of experiments and regression modelling in food flavour and sensory analysis: A review*. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 71 : 202-215.

Zamani, A., Henriksson, D., dan Taherzadeh, M.J. 2010. *A New Foaming Technique for Production of Superabsorbents from Carboxymethyl Chitosan*. *Carbohydrate Polymers*, vol 80[4]:1091.

Zang Y, Wu F, Liu, dan Yao J. 2013. *Synthesis and Urea Sustained-Release Behavior of An Eco-Friendly Superabsorbentbased On Flax Yarn Wastes*. *Carbohydrate Polymers*, 91: 277– 283.



LAMPIRAN I
DATA PENELITIAN

LAMPIRAN I

DATA PENELITIAN

1. Hasil *running* program DoE untuk analisis ANOVA NaCl

ANOVA for Response Surface Quadratic Model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares]						
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	
Model	48670.27	9	5185.59	6.65	0.0001	
A	30258.00	1	30258.00	38.82	< 0.0001	
B	696.89	1	696.89	0.89	0.3546	
C	4672.22	1	4672.22	6.00	0.0228	
A ²	5892.11	1	5892.11	7.56	0.0117	
B ²	2757.88	1	2757.88	3.54	0.0733	
C ²	1979.49	1	1979.49	2.54	0.1253	
AB	225.33	1	225.33	0.29	0.5962	
AC	208.33	1	208.33	0.27	0.6103	
BC	1587.00	1	1587.00	2.04	0.1676	
Residual	17145.73	22	779.35			
Lack of Fit	17118.39	17	1006.96	184.20	< 0.0001	
Pure Error	27.33	5	5.47			
Cor Total	63816.00	31				
Std. Dev.	27.92	R-Squared	0.7313			
Mean	316.00	Adj R-Squared	0.6214			
C.V.	8.83	Pred R-Squared	0.2702			
PRESS	48575.12	Adeq Precision	9.435			
Factor	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	311.74	1	9.38	292.29	331.20	
A-Jumlah Natrium Klorida (NaCl)	41.00	1	6.58	27.35	54.65	1.00
B-Waktu pengadukan	6.22	1	6.58	-7.42	19.87	1.00
C-Kecepatan pengadukan	16.11	1	6.58	2.46	29.76	1.00
A ²	-28.70	1	10.44	-50.34	-7.05	1.10
B ²	19.63	1	10.44	-2.01	41.28	1.10
C ²	16.63	1	10.44	-5.01	38.28	1.10
AB	-4.33	1	8.06	-21.05	12.38	1.00
AC	-4.17	1	8.06	-20.88	12.55	1.00
BC	11.50	1	8.06	-5.21	28.21	1.00

2. Hasil *running* program DoE untuk analisis ANOVA CaCO₃

ANOVA for Response Surface Quadratic Model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares]						
Source		Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model		23948.84	9	2660.98	35.47	< 0.0001
	A	854.22	1	854.22	11.39	0.0027
	B	648.00	1	648.00	8.64	0.0076
	C	2592.00	1	2592.00	34.55	< 0.0001
	A ²	567.07	1	567.07	7.56	0.0117
	B ²	185.84	1	185.84	2.48	0.1298
	C ²	16188.40	1	16188.40	215.76	< 0.0001
	AB	507.00	1	507.00	6.76	0.0164
	AC	56.33	1	56.33	0.75	0.3956
	BC	133.33	1	133.33	1.78	0.1962
Residual		1850.88	22	75.03		
	Lack of Fit	1631.33	17	95.96	24.82	0.0011
	Pure Error	19.33	5	3.87		
Cor Total		25599.50	31			
Std. Dev.		8.68		R-Squared	0.9355	
Mean		235.88		Adj R-Squared	0.9091	
C.V.		3.67		Pred R-Squared	0.8319	
PRESS		4302.98		Adeq Precision	19.143	
Factor	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	284.77	1	2.91	258.74	270.81	
A-Jumlah Kalsium Karbonat (CaCO ₃)	6.89	1	2.04	2.65	11.12	1.00
B-Waktu pengadukan	6.00	1	2.04	1.77	10.23	1.00
C-Kecepatan pengadukan	-12.00	1	2.04	-16.23	-7.77	1.00
A ²	-8.90	1	3.24	-15.62	-2.19	1.10
B ²	5.10	1	3.24	-1.62	11.81	1.10
C ²	-47.57	1	3.24	-54.29	-40.85	1.10
AB	-6.50	1	2.50	-11.69	-1.31	1.00
AC	2.17	1	2.50	-3.02	7.35	1.00
BC	-3.33	1	2.50	-8.52	1.85	1.00

3. Hasil *running* program DoE untuk analisis ANOVA urea

Response: Jumlah air yang terlepas						
ANOVA for Response Surface 2FI Model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares]						
Source		Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model		733.44	6	122.24	1.23	0.3231
	A	15.00	1	15.00	0.15	0.6737
	B	10.59	1	10.59	0.11	0.7431
	C	10.59	1	10.59	0.11	0.7431
	AB	0.33	1	0.33	3.363E-003	0.9642
	AC	646.33	1	646.33	6.61	0.0172
	BC	45.00	1	45.00	0.45	0.4929
Residual		2478.06	25	99.12		
	Lack of Fit	2466.72	20	123.34	64.41	0.0002
	Pure Error	11.33	5	2.27		
Cor Total		3211.50	31			
Std. Dev.		9.96		R-Squared	0.2284	
Mean		62.38		Adj R-Squared	0.0432	
C.V.		15.96		Pred R-Square	-0.2121	
PRESS		3892.72		Adeq Precision	4.343	
Factor	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	62.37	1	1.76	58.75	66.00	
A-Jumlah Urea	1.00	1	2.35	-3.83	5.83	1.00
B-Waktu pengadukan	-0.78	1	2.35	-5.61	4.06	1.00
C-Kecepatan pengadukan	-0.78	1	2.35	-5.61	4.06	1.00
AB	0.17	1	2.87	-5.75	6.09	1.00
AC	-7.33	1	2.87	-13.25	-1.41	1.00
BC	-2.00	1	2.87	-7.92	3.92	1.00
Final Equation in Terms of Coded Factors:						
$\text{Jumlah air yang terlepas} =$ $+62.37$ $+1.00 * A$ $-0.78 * B$ $-0.78 * C$ $+0.17 * A * B$ $-7.33 * A * C$ $-2.00 * B * C$						



LAMPIRAN II

DOKUMENTASI PENELITIAN

LAMPIRAN II

DOKUMENTASI PENELITIAN



Pengambilan SAP dari popok bayi



Penimbangan Bahan SAP



SAP dari 3 merek Popok dengan ukuran S,M,L,XL,XXL



Proses *swelling* SAP untuk masing-masing jenis garam higroskopis



Proses pengadukan secara manual



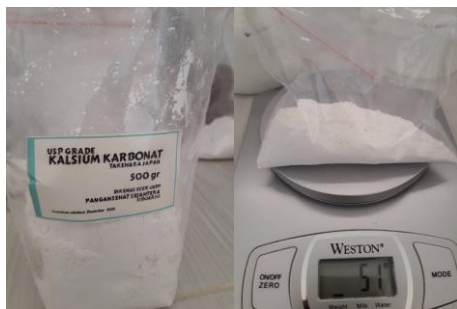
Proses pengadukan menggunakan *handmixer*



Proses penyaringan (pemisahan air yang sudah terlepas dari SAP)



Penimbangan garam higroskopis NaCl



Penimbangan garam CaCO_3



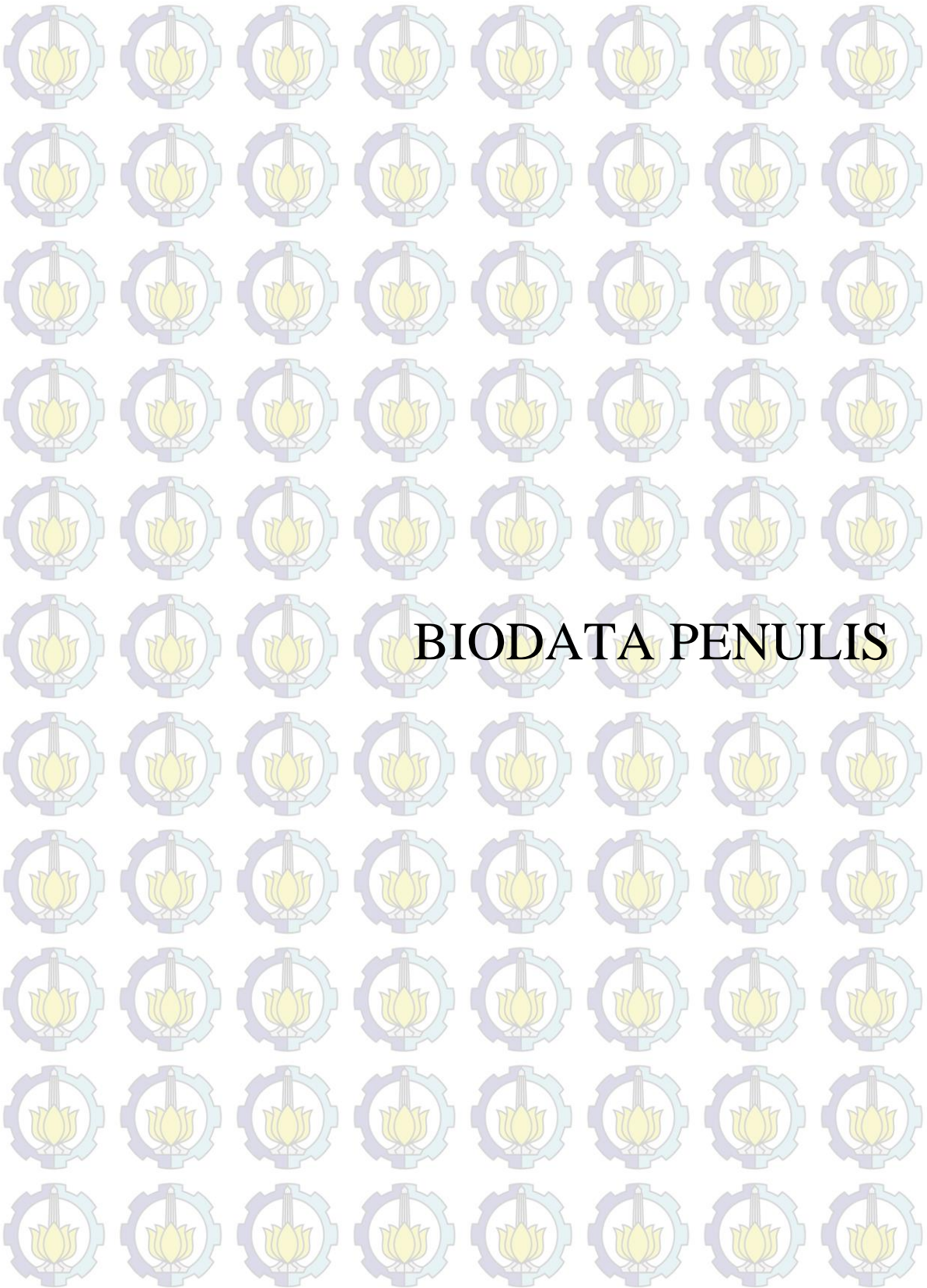
Penimbangan urea



Uji trial and error



Filtrat SAP jenuh air



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Pamekasan, 20 April 1995. Penulis yang akrab dipanggil Dila merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Polagan 1 (2001-2007), SMPN 1 Pamekasan (2007-2010), dan SMAN 1 Pamekasan (2010-2013). Selanjutnya penulis melanjutkan studinya di jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2013. Penulis menyelesaikan S1 Teknik Lingkungan dengan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan *Rain Water Harvesting* dan Pengolahan Air Limbah Pondok Pesantren Mambaul Ulum Bata-bata Pamekasan”. Pada tahun 2018, penulis melanjutkan S2 di Departemen Teknik Lingkungan, ITS sambil lalu menjadi santri aktif di Ma’had Ahlul Qur’an Surabaya. Penulis berharap segala bentuk komunikasi baik terkait saran atau pengembangan terkait penelitian dapat dikomunikasikan melalui surel fadlilatinnailah13@gmail.com.