PERANCANGAN BANGUNAN FILTER SEDERHANA DI DESA SUNGAI KUNYIT LAUT

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan

Oleh:
MUHAMMAD LUTHFI RAMADHAN
NIM D1051201052

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon. (0561)740186, WA: +6282152280907
Email: ft@untan.ac.id Website: http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN BANGUNAN FILTER SEDERHANA
DI DESA SUNGAI KUNYIT LAUT

Jurusan Teknik Lingkungan
Program Studi Sarjana Teknik Lingkungan

Oleh:
Muhammad Luthfi Ramadhan
NIM. D1051201052

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada Tanggal 02 Juni 2026 dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi:

Dosen Pembimbing Utama	: Ir. Kiki Prio Utomo, S.T., M.Sc., IPU, ASEAN Eng. NIP. 197505192006041001
Dosen Pembimbing Pendamping	: Dr. Ir. Arifin, S.T., M Eng. Sc. NIP. 197210281998031005
Dosen Penguji Utama	: Dr. Rizki Purnaini, S.T., M.T. NIP. 197207231998022001
Dosen Penguji Pendamping	: Ir. Ulli Kadaria, S.T., M.T., IPM NIP. 198810192015042001

Pontianak, 02 Juni 2026

Dekan

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Dosen Pembimbing Utama

Kiki P. Utomo

Ir. Kiki Prio Utomo, S.T., M.Sc., IPU
ASEAN Eng.
NIP. 197505192006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Luthfi Ramadhan

NIM : D1051201052

menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul "Perancangan Bangunan Filter Sederhana di Desa Sungai Kunyit Laut" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana/magister di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atas diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Rujukan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 02 Juni 2026



Muhammad Luthfi Ramadhan
NIM. D1051201052

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah Swt. yang telah melimpahkan kesehatan, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana. Meskipun skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, saya bersyukur dan bangga karena telah berhasil mencapai titik ini serta menyelesaikannya dengan baik.

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua dan saudara-saudara saya yang senantiasa mendoakan, memberikan kasih sayang, serta dukungan yang tiada henti sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini hingga akhir.

Terima kasih kepada **12107114** yang telah banyak membantu, mendukung, dan menemani saya dalam berbagai hal selama menjalani perkuliahan hingga akhirnya dapat menyelesaikan studi ini.

Terima kasih kepada dosen pembimbing yang dengan sabar telah meluangkan waktu, tenaga, dan ilmu untuk membimbing saya hingga skripsi ini dapat terselesaikan. Terima kasih pula kepada dosen penguji yang telah memberikan saran, kritik, dan masukan yang sangat berharga demi penyempurnaan skripsi ini.

Terima kasih kepada teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2020 yang telah menjadi rekan seperjuangan dalam menjalani masa perkuliahan, baik di dalam maupun di luar kampus. Kebersamaan, dukungan, dan pengalaman yang telah dilalui bersama akan selalu menjadi kenangan yang berharga.

Terakhir, terima kasih kepada diri saya sendiri, Muhammad Luthfi Ramadhan, yang telah berjuang dan berhasil menyelesaikan perjalanan panjang perkuliahan ini dari awal hingga akhir. Terima kasih karena telah mampu bertahan, bangkit, dan terus melangkah menghadapi berbagai tantangan hingga mencapai titik ini.

“Barang siapa yang tidak mampu menahan lelahnya belajar, maka ia harus sanggup menahan perihnya kebodohan”
-Imam Syafi’i

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kami persembahkan kehadiran Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan judul "PERANCANGAN BANGUNAN FILTER SEDERHANA DI DESA SUNGAI KUNYIT LAUT". Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan di Universitas Tanjungpura Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Lingkungan. Penulisan skripsi ini bertujuan merancang bangunan pengolahan air baku dengan memanfaatkan pasir kerang yang tersedia di Desa Sungai Kunyit Laut.

Penulisan skripsi ini tidak lepas atas bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Bapak Dr.-Ing Ir. Slamet Widodo, M. T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
2. Bapak Dr. Ir. Dian Rahayujati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
3. Ibu Govira Christiadora Asbanu, S.Pd. Si, M.Sc selaku dosen pembimbing akademik
4. Bapak Ir. Kiki Prio Utomo, S.T., M.Sc., IPU selaku dosen pembimbing utama serta Bapak Dr. Ir. Arifin, S.T., M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing pendamping yang juga telah memberikan bimbingan, masukan, dan arahan sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian ini
5. Ibu Dr. Rizki Purnaini, S.T., M.T. selaku dosen penguji utama serta ibu Ir. Ulli Kadaria, S.T., M.T. IPM selaku dosen penguji pendamping yang telah memberikan masukan dan arahan pula sehingga penelitian ini dapat terlaksana

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini. Penulis juga berharap seluruh pihak yang telah terlibat dan membantu dalam proses penyusunan skripsi ini senantiasa memperoleh kemudahan serta keberkahan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat yang besar, khususnya bagi masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan air bersih.

Pontianak, 02 Juni 2026
Penulis,

Muhammad Luthfi Ramadhan

ABSTRAK

Air bersih merupakan kebutuhan vital bagi manusia, namun ketersediaan dan kualitasnya masih menjadi permasalahan di berbagai wilayah Indonesia, termasuk di Desa Sungai Kunyit Laut, Kabupaten Mempawah. Air sumur bor di desa tersebut mengalami intrusi air laut sehingga belum memenuhi standar kualitas air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengolahan air bersih dengan teknologi tepat guna yang dapat diterapkan oleh masyarakat Desa Sungai Kunyit Laut. Metode penelitian yang digunakan meliputi pengumpulan data kualitas air baku berdasarkan data sekunder serta perancangan unit pengolahan air bersih. Hasil analisis kualitas air baku menunjukkan bahwa kadar besi (Fe) sebesar 4,34 mg/L, klorida (Cl^-) sebesar 805,2 mg/L, kekeruhan sebesar 13,8 NTU, pH sebesar 5,29, dan total coliform sebesar 0 CFU/100 mL. Berdasarkan hasil tersebut, parameter besi, klorida, kekeruhan, dan pH belum memenuhi baku mutu air bersih higiene dan sanitasi yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Kondisi tersebut menyebabkan air berbau, berasa payau, serta berpotensi menimbulkan iritasi pada individu yang memiliki kulit sensitif. Sistem pengolahan air bersih yang dirancang terdiri atas reservoir air baku berkapasitas 2.000 liter, unit filtrasi berupa saringan pasir cepat, dan reservoir air bersih berkapasitas 4.000 liter. Unit filtrasi menggunakan pipa PVC berdiameter 6 inci dengan tinggi 130 cm dan kapasitas pengolahan sebesar 3.900 liter per hari. Media filtrasi yang digunakan terdiri atas ijuk setebal 10 cm sebagai penyaring awal partikel kasar, pasir kerang dengan Effective Size (ES) 0,7–3 mm setebal 30 cm untuk membantu menurunkan kekeruhan dan kandungan besi (Fe), karbon aktif dengan ES 1–3 mm setebal 30 cm untuk menyerap bau, warna, dan senyawa organik, zeolit dengan ES 0,5–3 mm setebal 30 cm untuk mengurangi kandungan klorida dalam air, serta kerikil setebal 5 cm sebagai lapisan penyangga media filtrasi agar tetap stabil dan tidak terbawa aliran air selama proses penyaringan berlangsung.

Kata Kunci : Air Sumur Bor, Filtrasi, Pengolahan Air bersih

ABSTRACT

Clean Clean water is a vital necessity for human life; however, its availability and quality remain significant challenges in many regions of Indonesia, including Sungai Kunyit Laut Village, Mempawah Regency. The groundwater obtained from deep wells in the village has been affected by seawater intrusion, resulting in water quality that does not meet clean water standards. This study aims to design an appropriate clean water treatment system that can be implemented by the local community of Sungai Kunyit Laut Village. The research methodology involved collecting raw water quality data from secondary sources and designing a clean water treatment unit. The results of the raw water quality analysis indicated iron (Fe) concentrations of 4.34 mg/L, chloride (Cl^-) concentrations of 805.2 mg/L, turbidity of 13.8 NTU, pH of 5.29, and total coliform levels of 0 CFU/100 mL. Based on these findings, the parameters of iron, chloride, turbidity, and pH did not comply with the hygiene and sanitation clean water quality standards stipulated in the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia Number 2 of 2023. These conditions cause the water to have an unpleasant odor, a brackish taste, and the potential to cause irritation to individuals with sensitive skin. The proposed clean water treatment system consists of a 2,000-liter raw water reservoir, a rapid sand filtration unit, and a 4,000-liter clean water reservoir. The filtration unit utilizes a 6-inch PVC pipe with a height of 130 cm and a treatment capacity of 3,900 liters per day. The filtration media comprise a 10-cm layer of palm fiber (ijuk) as a preliminary filter for coarse particles, a 30-cm layer of crushed shell sand with an Effective Size (ES) of 0.7–3 mm to help reduce turbidity and iron (Fe) concentrations, a 30-cm layer of activated carbon with an ES of 1–3 mm to adsorb odors, color, and organic compounds, a 30-cm layer of zeolite with an ES of 0.5–3 mm to reduce chloride concentrations in the water, and a 5-cm layer of gravel serving as a support layer to maintain the stability of the filtration media and prevent media displacement during the filtration process.

Keywords : *Borehole Water, Clean Water Treatment, Filtration*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **v**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Perancangan 3
1.4 Manfaat Perancangan 3
1.5 Ruang Lingkup Penulisan 3
1.6 Penelitian Terdahulu 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1 Sumber Air 7
2.2 Sumur Bor 8
2.2.1 Karakteristik Air Sumur Bor 8
2.2.2 Standar Peraturan Kualitas Air Bersih 10
2.3 Filtrasi 11
2.3.1 Media Filter 11
2.3.1.1 Arang Aktif 11
2.3.1.2 Pasir Kerang 13
2.3.1.3 Zeolit 14
2.3.1.4 Ijuk 15
2.4 Dasar Perancangan 16
2.4.1 Standar Kebutuhan Air 16
2.4.2 Filtrasi 17
2.4.3 Reservoir 18
BAB III METODE PERANCANGAN **19**
3.1 Lokasi Perancangan 19
3.2 Tahap Perancangan 19
3.2.1 Pengumpulan Data 20
3.2.2 Analisis Data Perancangan 21

3.3 Diagram Alir Penelitian 21
BAB IV HASIL PERANCANGAN..... 23
4.1 Kebutuhan Air 23
4.2 Analisis Kualitas Air Baku..... 24
4.3 Kondisi Pengolahan Air Eksisting (Berbasis Masyarakat) 27
4.4 Perancangan IPA 28
4.4.1 Reservoir Air Baku..... 31
4.4.2 Pompa..... 32
4.4.3 Filtrasi 37
4.4.4 Reservoir Air Bersih..... 44
4.5 Rencana Anggaran Biaya 47
4.5.1 Pekerjaan Kontruksi Dudukan 48
4.5.2 Pekerjaan Unit Filtrasi dan Reservoir Air Baku..... 48
4.5.3 Harga Pekerjaan Total 49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 51
5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran..... 51
DAFTAR PUSTAKA..... 53
LAMPIRAN..... 58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lokasi Perancangan 19
Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan..... 22
Gambar 4.1 Bak Filtrasi Eksisting..... 28
Gambar 4.2 Rancangan Pengolahan 29
Gambar 4.3 Pompa Sumur Merk Shimizu SPG07-226K BIT..... 37

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu 4
Tabel 2.1 Baku mutu parameter air untuk keperluan higiene dan sanitasi 10
Tabel 2.2 Standar Kebutuhan Air berdasarkan Penggunaan Gedung 16
Tabel 3.1 Metode Uji Kualitas Air Baku 20
Tabel 4.1 Hasil Analisis Kualitas Air Baku 25
Tabel 4.2 Efisiensi Pengolahan Air Eksisting di Desa Sungai Kunyit Laut 28
Tabel 4.3 Neraca Massa Pengolahan Air 30
Tabel 4.4 Koefisien Pipa Hazens Williams 34
Tabel 4.5 Spesifikasi Pompa Shimizu SPG07-226K BIT 36
Tabel 4.6 Ringkasan Spesifikasi IPA 45
Tabel 4.7 Standar Operasional Prosedur Perawatan Filter 46
Tabel 4.8 Rancangan Anggaran Biaya Pembangunan Dudukan 48
Tabel 4.9 Rancangan Anggaran Biaya Pembangunan Filtrasi dan Reservoir Air Baku 49
Tabel 4.10 Total Anggaran Pembangunan IPA 50

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih adalah sumber daya vital bagi kehidupan manusia, lingkungan, dan berbagai sektor ekonomi. Namun, di banyak bagian dunia, termasuk di beberapa wilayah Indonesia, masalah ketersediaan dan kualitas air bersih menjadi perhatian serius. Peningkatan populasi, urbanisasi, pertanian intensif, dan aktivitas industri telah meningkatkan tekanan terhadap sumber daya air, menyebabkan degradasi kualitas air dan mengancam ketersediaannya untuk konsumsi manusia dan ekosistem.

Air bersih merupakan air tawar yang sudah siap dikonsumsi oleh masyarakat luas, dan tidak mempunyai dampak negatif bagi kesehatan masyarakat. Diketahui pula bahwa 97% air di bumi berupa air asin dari laut dan hanya 3% berupa air tawar yang lebih dari dua pertiga bagiannya berada dalam bentuk es di kutub dan glasier. Air tawar yang tidak membeku dapat ditemukan terutama di dalam tanah berupa air tanah, dan hanya sebagian kecil berada di atas permukaan tanah (Bonenehu *et al*., 2024).

Pemanfaatan air sebagai air minum dan air bersih, tidak dapat dilakukan secara langsung, akan tetapi membutuhkan proses pengolahan terlebih dahulu (Dewi, 2022). Pengolahan tersebut dilakukan agar air tersebut dapat memenuhi standar sebagai air bersih. Untuk melakukan proses pengolahan tersebut dibutuhkan suatu instalasi yang sesuai dengan kualitas dan kuantitas yang diinginkan.

Banyak wilayah di Indonesia yang kualitas sumber air permukaan ataupun air tanahnya tidak memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air bersih (Hernaningsih & Yudo, 2007). Desa di Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat merupakan contoh lokasi yang jelas tentang adanya masalah sulitnya mengatasi pemenuhan kebutuhan air bersih yaitu Desa Sungai Kunyit Laut. Desa tersebut terletak di daerah pesisir dengan daratan yang telah terintrusi air laut, sehingga masyarakat desa tidak mempunyai sumber air untuk pemenuhan kebutuhan air bersihnya.

Berdasarkan hasil analisis, kualitas air tanah di Desa Sungai Kunyit Laut menunjukkan adanya kandungan zat yang melebihi ambang batas standar kualitas air bersih. Kadar besi (Fe) dalam air sumur bor di desa tersebut tercatat sebesar 4,34 mg/L, sedangkan kadar klorida (Cl^-) mencapai 805,2 mg/L. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.2 Tahun 2023, kadar besi yang berlebihan dapat menyebabkan perubahan warna, rasa, dan bau pada air, serta menimbulkan endapan yang dapat menyumbat pipa distribusi. Sementara itu, kadar klorida yang tinggi dapat meningkatkan korosivitas dan menyebabkan rasa asin pada air, oleh karena itu, diperlukan sistem pengolahan air yang mampu menurunkan kadar besi dan klorida agar memenuhi standar kualitas air bersih yang layak digunakan masyarakat.

Melihat kecenderungan ketersediaan air bersih yang semakin kurang sementara kebutuhan air terus meningkat akibat pertambahan penduduk, serta tidak terjangkaunya layanan distribusi air bersih oleh PDAM, maka diperlukan upaya-upaya untuk meningkatkan efisiensi pemakaian air. Saat ini, masyarakat di Desa Sungai Kunyit juga telah memanfaatkan sistem pengolahan air bersih sederhana skala rumah tangga, namun efektivitas pengolahannya masih belum mampu meningkatkan kualitas air secara optimal. Air tanah merupakan salah satu sumber air yang tersedia di daratan Desa Sungai Kunyit Laut, terutama melalui sumur bor. Melalui penelitian ini, peneliti juga ingin mengoptimalkan sistem pengolahan air yang ada di desa agar mampu menghasilkan air bersih dengan kualitas yang lebih baik. Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai “Perancangan Bangunan Filter Sederhana di Desa Sungai Kunyit Laut”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa permasalahan yang akan dikaji dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kualitas air baku yang dimanfaatkan masyarakat Desa Sungai Kunyit Laut ?
2. Bagaimana teknologi tepat guna yang dapat diterapkan di Desa Sungai Kunyit Laut ?
3. Berapa estimasi biaya pembangunan pengolahan air bersih di Desa Sungai Kunyit Laut ?

1.3 Tujuan Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui kualitas air baku yang digunakan di Desa Sungai Kunyit.
2. Merancang teknologi tepat guna yang dapat diterapkan di Desa Sungai Kunyit.
3. Menentukan estimasi biaya pembangunan pengolahan air bersih di Desa Sungai Kunyit, melalui penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

1.4 Manfaat Perancangan

Berdasarkan dari tujuan di atas, diperoleh manfaat untuk memberikan referensi dalam perancangan instalasi pengolahan air bersih di Desa Sungai Kunyit Laut.

1.5 Ruang Lingkup Penulisan

Ruang lingkup penulisan tugas akhir ini meliputi:

1. Hasil pengolahan air untuk keperluan higiene dan sanitasi dengan baku mutu mengacu pada Permenkes No 2 Tahun 2023.
2. Parameter kualitas air yang dianalisis adalah Kekeruhan, pH, Besi (Fe), Klorida (Cl^-), dan *Total Coliform.*

3. Kapasitas instalasi pengolahan air yang di rancang untuk kebutuhan air 5 rumah tangga, hal ini disesuaikan dengan kapasitas sumur bor yang tersedia.
4. Sumber air baku yang digunakan berasal dari sumur bor.

1.6 Penelitian Terdahulu

Berikut penelitian terdahulu yang dipaparkan pada tabel berikut.

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Tahun	Hasil
1.	Andi Riski	RANCANG BANGUN INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) DESA SUNGAI ITIK KECAMATAN SUNGAI KAKAP KABUPATEN KUBU RAYA	2023	Berdasarkan hasil perancangan Unit Pengolahan Air (IPA) di Desa Suingai Itik Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya dapat ditarik kesimpulan bahwa Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Instalasi Pengolahan Air (IPA) tepat guna untuk Ponpes Al-Fatah Desa Sungai Itik yang dirancang dengan kapasitas 3.000 liter/hari terdiri dari unit koagulasi flokulasi, unit sedimentasi, dan unit filtrasi (saringan pasir

No	Penulis	Judul	Tahun	Hasil
				cepat) menggunakan media pasir kerang dan kerikil.
2.	Nusa Idaman Said & Ruliasih	Pengolahan Air Sungai Skala Rumah Tangga Secara Kontinyu	2013	Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pengolah air skala rumah tangga dengan sistem saringan pasir cepat efektif meningkatkan kualitas air sungai hingga memenuhi standar air minum. Unit pengolahan yang digunakan meliputi koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi. Proses ini berhasil menurunkan kekeruhan sebesar 94,6% dan menghilangkan bakteri *E. coli* sepenuhnya. Meski terdapat kenaikan TDS dan kesadahan, nilainya masih dalam batas aman dan diduga berasal dari media saringan. Penelitian ini membuktikan bahwa teknologi pengolahan air sederhana dapat

No	Penulis	Judul	Tahun	Hasil
				diterapkan oleh masyarakat secara mandiri. Penyebarluasan pengetahuan dan pengembangan alat yang mudah dirakit perlu terus dilakukan agar sesuai dengan kondisi masyarakat Indonesia.
3.	Kasri	Pengolahan Air Sumur Bor Menjadi Air Bersih Menggunakan Kombinasi Metode Aerasi – Filtrasi	2022	Penelitian ini menggunakan pengolahan kombinasi aerasi dan filtrasi yang efektif menurunkan Besi (Fe) dan Kekeruhan dengan efektivitas masing masing 99% dan 92,1%.