

**PENGHASILAN BIOBAJA PELEPASAN PERLAHAN
DARI ENAPCEMAR AKUAKULTUR**

AZRUL ZULHILMI BIN AHMAD ROSLI

UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA

PENGHASILAN BIOBAJA PELEPASAN PERLAHAN DARI
ENAPCEMAR AKUAKULTUR

AZRUL ZULHILMI BIN AHMAD ROSLI

TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEH
IJAZAH SARJANA MUDA

FAKULTI KEJURUTERAAN DAN ALAM BINA
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI

2023

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

25 Julai 2023

AZRUL ZULHILMI BIN
AHAMD ROSLI
A173752

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, bersyukur saya ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah dan kurniaNya dapat saya menyiapkan tesis ijazah sarjana muda sains dengan kepujian ini dengan jayanya. Di kesempatan in, saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia saya, Prof Ir. Dr. Siti Rozaimah Sheikh Abdullah dan Dr Shila di atas segala nasihat, tunjuk ajar dan teguran yang diberikan sepanjang saya menjalankan kajian ini.

Seterusnya, penghargaan khas ini saya tujukan kepada ibu bapa saya yang telah banyak membantu saya dengan memberikan dorongan, bimbingan, nasihat dan wang ringgit sepanjang tempoh pengajian saya. Tanpa mereka, saya tidak mungkin berada pada tahap ini. Tidak dilupakan juga kepada abang dan kakak saya yang selalu memberikan saya duit belanja sepanjang saya berada di universiti.

Saya juga ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada rakan-rakan saya iaitu “Cinta Terlarang”, “Rawr”, “Rawr Boys”, “Chemas”, “3 Suara”, “Nightclub”, dan “Halia” kerana telah banyak member nasihat dan sokongan sepanjang tempoh pengajian saya di sini. Tidak lupa juga rakan-rakan sesama penyelia saya yang sentiasa memberi idea dan bantuan. Tidak dilupakan juga pihak staf-staf makmal yang terlibat dan pelajar prasiswazah di Makmal Persekutaran yang telah memberikan pertolongan dan tunjukan ajar kepada saya sepanjang kajian dijalankan. Terima kasih kepada Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina dan Universiti Kebangsaan Malaysia yang menyediakan kemudahan bagi menjalankan penyelidikan ini. Akhir sekali, ucapan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung bagi menjayakan kajian ini.

ABSTRAK

Perkembangan industri akuakultur akan berkembang sebanyak 37% pada tahun 2030 berbanding tahun 2016. Perkembangan ini akan berjalan seiring dengan masalah pencemaran yang berpunca daripada industri akuakultur. Jika enapcemar dari akuakultur tidak dirawat dengan baik, masalah pencemaran seperti eutrofikasi di dalam kawasan nyahcas. Pemerolehan semula nutrien daripada enapcemar dapat digunakan dalam pembuatan biobaja pelepasan perlahan. Objektif utama bagi uji kaji ini adalah untuk mencirikan kandungan nutrien di dalam enapcemar akuakultur, untuk menghasilkan, menentukan biobaja pelepasan perlahan yang disintesis daripada enapcemar akuakultur, dan untuk menentukan prestasi tumbuhan di dalam biobaja pelepasan perlahan. Biobaja pelepasan perlahan dihasilkan bagi mengurangkan impak negatif kepada persekitaran berbanding baja konvensional. Bahan utama yang akan digunakan adalah urea-formaldehid sebagai penyalut dan metrik kepada nutrien daripada enapcemar. Proses yang akan dijalankan adalah kondensasi dan pemejalwapan. Pencirian enapcemar akan dilakukan dan didapati kepekatan fosforus di dalam enapcemar akuakultur adalah paling tinggi iaitu sebanyak 87% dan diikuti, nitrat, kalium, dan ammonium dengan jumlah 5%, 4%, dan 4%. Seterusnya, penentuan kadar pelepasan biobaja pelepasan perlahan akan dijalankan selama dua minggu dan dicirikan di dalam tiga medium iaitu air, pasir, dan tanah. Sebanyak tiga medium yang terlibat iaitu air, pasir, dan tanah. Didapati kadar pelepasan nutrien di dalam biobaja pelepasan perlahan terus meningkat sehingga hari ke-15 bagi semua medium manakala baja konvensional menunjukkan nutrien sudah mencapai kadar tetap. Berdasarkan medium air bersama biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional, biobaja pelepasan perlahan mempunyai kadar pelepasan nutrien yang jauh lebih rendah berbanding baja konvensional iaitu kalium (47%), fosforus (65%), ammonium (32%), nitrat (20%), dan nitrit (30%). Kadar pelepasan nutrien bagi baja konvensional semuanya melebihi 95% selepas hari ke-15. Prestasi tumbuhan di dalam biobaja pelepasan perlahan diperhatikan. Pokok bendi di dalam biobaja pelepasan perlahan menunjukkan perkembangan yang positif manakala baja konvensional dan kawalan menunjukkan penurunan. Ini kerana tumbuhan di dalam biobaja pelepasan perlahan mempunyai tujuh tumbuhan yang hidup manakala bagi baja konvensional dan kawalan hanya empat dan satu sahaja yang hidup. Jika dilihat dari segi kadar relatif pertumbuhan berdasarkan ketinggian, biobaja pelepasan menunjukkan penurunan seperti penggunaan baja konvensional dan kawalan. Ini kerana keadaan tumbuhan yang sudah matang selepas hari ke-14. Kadar relatif pertumbuhan berdasarkan bilangan daun menunjukkan peningkatan bermula pada hari ke-7 hingga hari ke-21 bagi semua jenis medium yang digunakan manakala menurun pada hari ke-28. Akhir sekali, kadar relatif tumbuhan berdasarkan berat kering menunjukkan peningkatan pada hari ke-14 dan penurunan pada hari ke-28 kerana keadaan tumbuhan yang sudah matang. Kesimpulannya, enapcemar yang digunakan mempunya jumlah nutrien yang tinggi dan biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan adalah lebih baik berbanding dengan baja konvensional dari segi pelepasan nutrien secara berkala.

SYNTHESIS OF SLOW-RELEASE BIOFERTILIZER FROM AQUACULTURE SLUDGE

ABSTRACT

The development of the aquaculture industry will grow by 37% in 2030 compared to 2016. This development will go hand in hand with the problem of pollution caused by the aquaculture industry. If sludge from aquaculture is not properly treated, pollution problems such as eutrophication in the discharge area. The recovery of nutrients from sludge can be used in the manufacture of slow release biofertilizers. The main objective of this research is to determine the nutrient content in aquaculture sludge, to produce, characterize a slow release biofertilizer synthesized from aquaculture sludge, and to determine the effect of slow release biofertilizer on plant growth. Slow release biofertilizers are produced to reduce the negative impact on the environment compared to conventional fertilizers. The main material that will be used is urea-formaldehyde as a coating and metric for nutrients from sludge. The process that will be carried out is condensation and sublimation. Sludge characterization will be done and it was found that the concentration of phosphorus in aquaculture sludge is the highest which is 87% followed by nitrate, potassium, and ammonium with a total of 5%, 4%, and 4%. Next, the determination of the release rate of slow-release biofertilizer will be carried out for two weeks and characterized in three mediums, namely water, sand, and soil. A total of three mediums are involved, namely water, sand, and soil. It was found that the rate of nutrient release in the slow release biofertilizer continued to increase until the 15th day for all mediums while the conventional fertilizer showed that nutrients had reached a constant rate. Based on the water medium together with slow-release biofertilizers and conventional fertilizers, slow-release biofertilizers have a much lower nutrient release rate than conventional fertilizers, namely potassium (47%), phosphorus (65%), ammonium (32%), nitrate (20%), and nitrite (30%). Nutrient release rates for conventional fertilizers all exceeded 95% after the 15th day. Plant performance in slow release biofertilizers was observed. Okra trees in slow release biofertilizer showed positive development while conventional and control fertilizers showed a decrease. This is because the plants in the slow release biofertilizer have seven living plants while for the conventional and control fertilizers only four and one are alive. If viewed in terms of the relative growth rate based on height, biofertilizer release shows a decrease like conventional fertilizer use and control. This is because the plants are mature after the 14th day. The relative rate of growth based on the number of leaves showed an increase starting on the 7th day to the 21st day for all types of medium used while it decreased on the 28th day. Finally, the relative rate of plants based on dry weight showed an increase on day 14 and a decrease on day 28 due to mature plant conditions. In conclusion, the sludge used has a high amount of nutrients and the slow release biofertilizer produced is better than conventional fertilizer in terms of periodic nutrient release.

KANDUNGAN

| | Halaman |
|--------------------------|---------|
| PENGAKUAN | ii |
| PENGHARGAAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KANDUNGAN | vi |
| SENARAI JADUAL | ix |
| SENARAI ILUSTRASI | x |
| SENARAI SINGKATAN | xii |

BAB I LATAR BELAKANG KAJIAN

| | | |
|-----|-------------------------------------|---|
| 1.1 | Pengenalan | 1 |
| 1.2 | Pernyataan Masalah | 3 |
| 1.3 | Objektif Kajian | 4 |
| 1.4 | Skop Kajian | 4 |
| 1.5 | Garis Kasar Penulisan Projek Ilmiah | 6 |

BAB II KAJIAN KEPUSTAKAAN

| | | |
|-----|--|----|
| 2.1 | Pengenalan | 7 |
| 2.2 | Industri Akuakultur | 8 |
| | 2.2.1 Jenis-jenis Akuakultur | 9 |
| | 2.2.2 Proses Penternakan Akuakultur dan Penghasilan Sisa | 9 |
| 2.3 | Enapcemar Akuakultur | 12 |
| | 2.3.1 Impak Enapcemar Akuakultur kepada Alam Sekitar dan Ekonomi | 13 |
| | 2.3.2 Pencirian Air Sisa Akuakultur | 14 |
| 2.4 | Pemerolehan Semula Nutrien Enapcemar | 16 |
| | 2.4.1 Pencernaan Aerobik | 17 |
| | 2.4.2 Pengentalan dan Pengumpulan | 18 |
| 2.5 | Baja | 20 |
| | 2.5.1 Industri Baja | 23 |
| | 2.5.2 Biobaja | 24 |

| | | |
|--|--|----|
| | 2.5.3 Kesan Baja Kepada Alam Sekitar, dan Ekonomi | 25 |
| 2.6 | Baja Pelepasan Pelahan | 26 |
| | 2.6.1 Perkembangan dan Jenis-Jenis Baja Pelepasan Perlahan | 28 |
| | 2.6.2 Jenis Perencat | 30 |
| | 2.6.3 Pencirian Baja Pelepasan Perlahan | 31 |
| | 2.6.4 Pemilihan Baja Pelepasan Perlahan | 31 |
| BAB III BAHAN DAN KAEADAH | | |
| 3.1 | Pengenalan | 35 |
| 3.2 | Bahan dan Alat Radas | 35 |
| 3.3 | Penyediaan Pencirian Sampel | 37 |
| | 3.3.1 Penyediaan Pencirian Enapcemar Akuakultur | 38 |
| | 3.3.2 Penyediaan Pencirian | 38 |
| 3.4 | Penghasilan Biobaja Pelepasan Perlahan | 39 |
| 3.5 | Penentuan Kadar Pelepasan Biobaja Pelepasan Perlahan | 39 |
| | 3.5.1 Pencirian Biobaja Pelepasan Perlahan di dalam Air | 40 |
| | 3.5.2 Pencirian Biobaja Pelepasan Perlahan di dalam Tanah | 40 |
| | 3.5.3 Pencirian Biobaja Pelepasan Perlahan di dalam Pasir | 41 |
| 3.6 | Kadar Relatif Pertumbuhan | 41 |
| 3.7 | Analisis Statistik Data | 43 |
| | 3.7.1 Penghasilan Biobaja Pelepasan Perlahan | 43 |
| | 3.7.2 Kandungan Makronutrien dan Mikronutrien | 45 |
| | 3.7.3 Penentuan Biobaja Pelepasan Perlahan di dalam Air | 45 |
| | 3.7.4 Pemerhatian Terhadap Tumbuhan | 46 |
| | 3.7.5 Kadar Relatif Pertumbuhan Terhadap Tumbuhan | 46 |
| 3.8 | Lengkung Penentukan | 47 |
| 3.9 | Penilaian Risiko dan Pelepasan Sisa | 49 |
| BAB IV KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN | | |
| 4.1 | Pengenalan | 50 |
| 4.2 | Pencirian Enapcemar Akuakuktur | 50 |
| 4.3 | Kadar Pelepasan Nutrien | 53 |
| | 4.3.1 Kadar Pelepasan Nitrit | 53 |
| | 4.3.2 Kadar Pelepasan Nitrat | 55 |
| | 4.3.3 Kadar Pelepasan Fosforus | 56 |

| | | | |
|--------------------------------------|-------|--------------------------------------|----|
| | 4.3.4 | Kadar Pelepasan Ammonium | 58 |
| | 4.3.5 | Kadar Pelepasan Kalium | 59 |
| | 4.3.6 | Perbandingan Kadar Pelepasan Nutrien | 60 |
| 4.4 | | Kadar Pertumbuhan Tumbuhan | 61 |
| | 4.4.1 | Pemerhatian Terhadap Tumbuhan | 61 |
| | 4.4.2 | Kadar Relatif Pertumbuhan Tumbuhan | 64 |
| BAB V KESIMPULAN DAN CADANGAN | | | |
| 5.1 | | Kesimpulan Keseluruhan | 67 |
| 5.2 | | Cadangan Kajian Lanjutan | 68 |
| RUJUKAN | | | 70 |
| Lampiran A | | Piawaian Kromatografi Ion | 75 |
| Lampiran B | | Manuskrip | 82 |
| Lampiran C | | Curricular Vitae | 98 |

SENARAI JADUAL

| No. Jadual | | Halaman |
|-------------------|---|----------------|
| Jadual 2.1 | Komposisi stok suapan bagi ternakan akuakultur | 10 |
| Jadual 2.2 | Kadar pengekalan dan perkumuhan nutrien (nitrogen dan fosfor) (sebagai peratusan makanan yang digunakan). | 11 |
| Jadual 2.3 | Jumlah stok suapan menjadi pepejal terampai | 12 |
| Jadual 2.4 | Kriteria enapcemar bagi berlainan negara | 15 |
| Jadual 2.5 | Peratusan nutrien di dalam enapcemar | 16 |
| Jadual 2.6 | Jenis – jenis pemerolehan semula sisa pepejal terampai bagi enapcemar akuakultur | 17 |
| Jadual 2.7 | Jenis-jenis pengentalan dan pengumpalan yang boleh digunakan | 19 |
| Jadual 2.8 | Perbezaan parameter operasi bagi jenis bahan yang sama | 20 |
| Jadual 2.9 | Perbezaan baja konvensional dan baja perlepasan perlahan | 24 |
| Jadual 2.10 | Contoh bagi proses pengurangan nutrien | 28 |
| Jadual 2.11 | Klasifikasi bagi baja pelepasan perlahan | 30 |
| Jadual 2.12 | Jenis-jenis bahan bagi penghasilan biobaja pelepasan perlahan. | 32 |
| Jadual 2.13 | Keterlarutan nitrogen terhadap air berdasarkan jenis kapsul | 33 |
| Jadual 2.14 | Kadar pelepasan nutrien menggunakan kaedah yang berbeza | 34 |
| Jadual 3.1 | Maklumat bagi bahan yang digunakan | 36 |
| Jadual 3.2 | Maklumat bagi alatan yang digunakan. | 37 |
| Jadual 3.3 | Penilaian risiko dan pelepasan sisa | 49 |
| Jadual 4.1 | Kadar pelepasan nutrien menggunakan kaedah yang berbeza | 61 |
| Jadual 4.2 | Pemerhatian terhadap tumbuhan | 62 |

SENARAI ILUSTRASI

| No. Rajah | | Halaman |
|-----------|--|---------|
| Rajah 1.1 | Carta alir bagi skop kajian | 5 |
| Rajah 2.1 | Pengeluaran akuakultur dan penangkapan pada tahun 1950 hingga 2015 | 8 |
| Rajah 2.2 | Jenis-jenis akuakultur sistem, (a): akuakultur berasaskan air masin; (b) akuakultur berasaskan air tawar; (c): akuakultur berasaskan tanah | 9 |
| Rajah 2.3 | Kandungan TSS dan VSS di dalam enapcemar akuakultur bagi pencernaan aerobik | 17 |
| Rajah 2.4 | Kandungan COD dan SCOD di dalam enapcemar akuakultur bagi pencernaan aerobik | 18 |
| Rajah 2.5 | Pengeluaran baja nitrogen pada tahun 1970-2020 | 21 |
| Rajah 2.6 | Penggunaan baja nitrogen pada tahun 1970-2020 | 22 |
| Rajah 2.7 | Mekanisme baja pelepasan perlahan berdasarkan keterlarutan air | 27 |
| Rajah 2.8 | Perkembangan kronologi baja perlepasan perlahan dan kawalan | 28 |
| Rajah 2.9 | Jenis-jenis baja terkawal perlahan | 29 |
| Rajah 3.1 | Susunan ujikaji bagi pencirian kadar pelepasan biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional. | 40 |
| Rajah 3.2 | Tapak semaian dengan anak benih bendi | 42 |
| Rajah 3.3 | Susunan tumbuhan bagi pemerhatian dan kadar relatif tumbuhan. | 43 |
| Rajah 3.4 | Biobaja pelepasan perlahan yang homogen | 44 |
| Rajah 3.5 | Biobaja pelepasan perlahan yang tidak homogen | 44 |
| Rajah 3.6 | Lengkung penentukan bagi nitrit | 47 |
| Rajah 3.7 | Lengkung penentukan bagi nitrat | 47 |
| Rajah 3.8 | Lengkung penentukan bagi fosforus | 48 |
| Rajah 3.9 | Lengkung penentukan bagi ammonium | 48 |

| | | |
|------------|--|----|
| Rajah 3.10 | Lengkung penentukan bagi kalium | 48 |
| Rajah 4.1 | Kepekatan nutrien di dalam enapcemar akuakultur. | 51 |
| Rajah 4.2 | Perbezaan kepekatan nutrien | 52 |
| Rajah 4.3 | Kadar pelepasan nitrit bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional | 54 |
| Rajah 4.4 | Kadar pelepasan nitrat bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensioanl | 56 |
| Rajah 4.5 | Kadar pelepasan fosforus bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional | 57 |
| Rajah 4.6 | Kadar pelepasan ammonium bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional | 58 |
| Rajah 4.7 | Kadar pelepasan kalium bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional | 59 |
| Rajah 4.8 | Kadar relatif pertumbuhan berdasarkan ketinggian dan bilangan daun | 64 |
| Rajah 4.9 | Kadar relatif pertumbuhan berdasarkan berat kering | 66 |

SENARAI SINGKATAN

| | |
|-----------------|------------------------------------|
| CO ₂ | Karbon Dioksida |
| COD | Permintaan Oksigen Kimia |
| CRF | Baja Pelepasan Kawalan |
| FKAB | Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina |
| SCOD | Permintaan Okisgen Kimia Larut |
| SRF | Baja Pelepasan Perlahan |
| TN | Jumlah Nitrogen |
| TP | Jumlah Fosforus |
| TSS | Jumlah Pepejal Terampai |
| UKM | Universiti Kebangsaan Malaysia |
| VSS | Pepejal Terampai Meruap |

BAB I

LATAR BELAKANG KAJIAN

1.1 PENGENALAN

Pada era ini, industri akuakultur telah berkembang pesat berbanding sektor lain seiring dengan pertambahan penduduk dunia (Rome 2018). Berdasarkan Gerten et al. (2020), penduduk dunia akan meningkatkan daripada 1.6 bilion orang pada tahun 1950 kepada 9.7 bilion pada tahun 2050. Selain itu, kadar pertumbuhan sektor akuakultur akan meningkat sebanyak 37% pada tahun 2030 berbanding tahun 2016 (Rome 2018). Peningkatan enapcemar akuakultur akan meningkat di samping peningkatan sektor tersebut. Enapcemar akan memberi kesan negatif jika tidak dirawat dengan baik seperti eutrofikasi, pencemaran bau dan peningkatan permintaan oksigen kimia. Oleh itu, enapcemar yang dirawat dan pemerolehan semula nutrien dapat memberikan kesan yang baik kepada alam sekitar dan ekonomi. Berdasarkan Zhang et al. (2021), enapcemar akuakultur mempunyai kadar nutrien yang tinggi dan sesuai digunakan dalam proses pembuatan baja.

Antara punca kekurangan bekalan makanan boleh dikaitkan dengan kekurangan bekalan baja pada masa kini dan kenaikan harga baja (Salehudin 2021). Oleh itu, penghasilan baja berasaskan enapcemar akuakultur dapat menambah bekalan baja pada sektor pertanian. Bagi memastikan baja yang baik dapat dihasilkan, pencirian enapcemar akuakultur harus dilakukan untuk menentukan kandungan nutrien. Terdapat beberapa makronutrien dan mikronutrien di dalam enapcemar iaitu nitrogen, fosforus, kalium, kalsium, magnesium, dan zink (Zhang et al. 2021). Kandungan nutrien di dalam enapcemar dipengaruhi oleh jenis ternakan yang digunakan. Ini kerana sumber nutrien tersebut berasal daripada lebihan stok suapan, hasil metabolisme, dan hasil najis ternakan (Dauda et al. 2019). Selain itu, jenis

akuakultur dapat dikategorikan kepada tiga iaitu akuakultur berdasarkan air tawar, air masin, dan tanah. Enapcemar daripada akuakultur berdasarkan tanah akan lebih mudah didapati dan mempunyai kandungan nutrien yang tinggi (Pillay 2004).

Pemerolehan semula nutrien dapat dibahagikan kepada tiga iaitu berdasarkan biopenurasan, penapisan fizikal, dan penapisan kimia. Proses pengentalan dan pengumpalan selalu digunakan kerana sifat yang tidak merosakkan nutrien enapcemar dan mudah digunakan. Bahan pengental dan pengumpal tidak hanya terhad kepada bahan kimia tetapi ada juga semula jadi seperti kitosan (Alnawajha et al. 2022).

Seterusnya, baja merupakan bahan kimia atau semula jadi yang digunakan bagi membantu pertumbuhan tumbuhan dengan menyalurkan komponen penting bagi kesuburan tumbuhan iaitu nitrogen, fosfor, dan kalium (Fu et al. 2018). Berdasarkan Yahya (2018), kekurangan baja nitrogen telah berlaku di seluruh dunia termasuk Malaysia. Peningkatan harga baja juga berlaku hingga menyebabkan kos sara hidup juga meningkat (Salehudin 2021). Oleh itu, penghasilan baja berdasarkan enapcemar akuakultur dapat membantu dalam kes kekurangan baja. Walau bagaimanapun penggunaan baja yang berlebihan akan memberi kesan negatif kepada persekitaran seperti berlaku peningkatan keasidan tanah, pencemaran sumber air bawah tanah dan sebagainya. Ini kerana kira-kira 40-70% nutrien akan hilang ke persekitaran tanpa digunakan oleh tumbuhan (Fertahi et al. 2021).

Oleh itu, penghasilan biobaja pelepasan perlahan dapat mengurangkan impak negatif kepada alam sekitar. Biobaja pelepasan perlahan akan melepaskan nutrien pada kadar yang perlahan bagi memastikan sumber nutrien yang dibekalkan kepada tumbuhan tidak berlebihan (Trenkel 2010). Pelepasan nutrien oleh biobaja pelepasan perlahan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor iaitu suhu tanah, pH dan kandungan oksigen. Baja pelepasan perlahan dapat diklasifikasikan kepada tiga bahagian iaitu jenis fizikal, bahan kimia, dan sebatian (Fu et al. 2018). Setiap klasifikasi tersebut mempunyai ciri-ciri baja pelepasan yang berbeza seperti mod pelepasan nutrien, dan proses pembuatan. Biobaja pelepasan perlahan akan menggunakan urea-formaldehid lignin sebagai penyalut kepada nutrien kerana lignin merupakan biodegradasi dan produk sampingan daripada industri pulpa dan kertas.

Kaedah yang digunakan bagi penghasilan biobaja pelepasan perlahan adalah kaedah mikroenkapsulasi iaitu pengekstrakan dan penyejatan pelarut (Rivera et al. 2021). Pencirian enapcemar, biobaja pelepasan perlahan di dalam air, tanah, dan pasir dilakukan. Tumbuhan akan ditanam dalam medium penanaman yang berbeza iaitu di dalam tanah, pasir, enapcemar akuakultur, dan biobaja pelepasan perlahan. Mesin analisis yang akan digunakan adalah kromatografi ion untuk menentukan kandungan fosforus, kalium, dan nitrogen.

1.2 PERNYATAAN MASALAH

Pertubuhan Makanan dan Pertanian di Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (FAO) menyatakan industri akuakultur berkembang lebih pantas berbanding sektor pengeluaran makanan lain. Dilaporkan bahawa pada tahun 2030, akuakultur pengeluaran ikan dan kerang dijangka mencapai 109 juta tan yang mewakili kadar pertumbuhan 37% berbanding pengeluaran pada tahun 2016 (Rome 2018). Peningkatan ini akan menjadikan enapcemar yang dikumpulkan mengandungi nutrien yang mungkin akan menyebabkan masalah pencemaran jika tidak dihapuskan dengan baik tetapi jika iaanya dirawat enapcemar tersebut dapat digunakan untuk pertumbuhan tumbuhan (Ezziddine et al. 2020). Selain itu, baja konvensional atau baja kimia mempunyai pelbagai keburukan terhadap tanah pada jangka masa yang panjang seperti berlakunya eutrofikasi pada sungai kerana kadar nutrien (nitrogen dan fosforus) yang berlebihan (Fertahi et al. 2021). Oleh itu, menukar enapcemar akuakultur menjadi biobaja berharga bukan sahaja dapat mengatasi masalah pembuangan tetapi juga manfaat kepada ekonomi dan mengatasi kekurangan baja yang tidak boleh diperbaharui (Ezziddine et al. 2020).

Kandungan nutrien di dalam enapcemar yang digunakan haruslah bersesuaian dan mencukupi bagi penghasilan biobaja. Enapcemar akuakultur dipercayai mempunyai nutrien yang tinggi dan bersesuaian dengan penghasilan biobaja pelepasan perlahan berbanding dengan enapcemar yang lain. Pencirian enapcemar adalah diperlukan bagi memastikan biobaja dapat dihasilkan. Nutrien daripada enapcemar akuakultur kebanyakannya berasal daripada lebahan stok suapan ikan.

Baja mengandungi tiga makronutrien utama, kalium, fosforus dan nitrogen dan juga boleh menambahkan nutrien sekunder seperti sulfur, magnesium dan kalsium ke dalam tanah atau media tumbuh (Duraisam 2019). Biobaja terdiri daripada mikroorganisme hidup yang baik untuk pertumbuhan tumbuhan dan mempunyai makronutrien yang mencukupi seperti nitrogen, kalium dan fosforus (Wu et al. 2005). Analisis bagi setiap kandungan tersebut harus diperincikan bagi memastikan baja yang dihasilkan adalah mengikut spesifik yang dinyatakan.

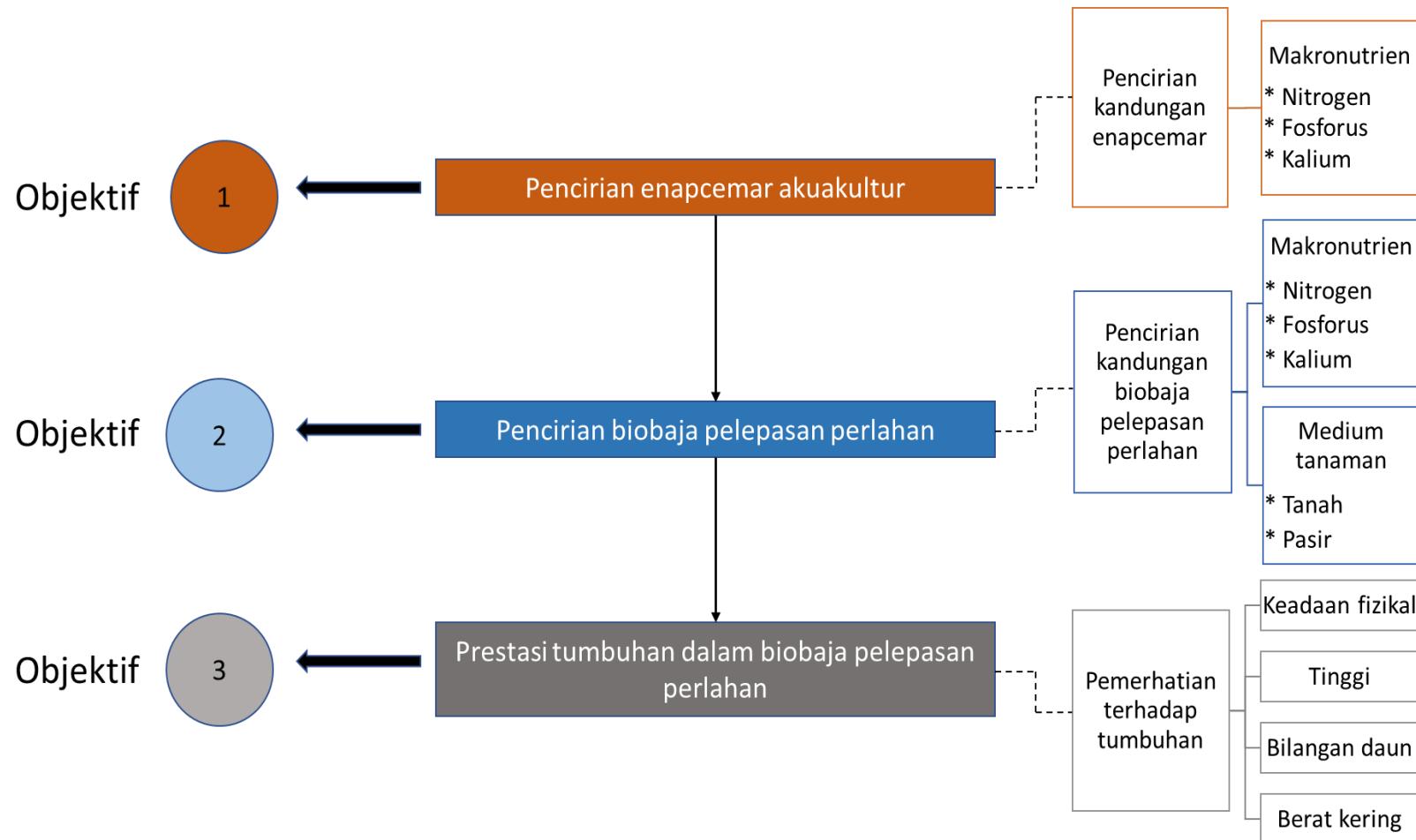
1.3 OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini mempunyai tiga objektif utama:

- i. Untuk mencirikan kandungan nutrien di dalam enapcemar akuakultur.
- ii. Untuk menentukan kadar pelepasan nutrien biobaja pelepasan perlahan yang disintesis daripada enapcemar akuakultur.
- iii. Untuk menentukan prestasi tumbuhan di dalam biobaja pelepasan perlahan.

1.4 SKOP KAJIAN

Skop kerja ini adalah untuk mengkaji keberkesanan penghasilan biobaja perlepasan perlahan daripada enapcemar akuakultur. Rajah 1.1 menunjukkan carta alir bagi skop kajian ini.



Rajah 1.1 Carta alir bagi skop kajian

1.5 GARIS KASAR PENULISAN PROJEK ILMIAH

Bab I menerangkan latar belakang kajian termasuklah pengenalan mengenai kajian ini, pernyataan masalah, objektif kajian, skop kajian, dan garis kasar penulisan projek ilmiah. Bab I menerangkan perkara-perkara umum mengenai kajian ini iaitu akuakultur, komposisi enapcemar, pemerolehan semula nutrien daripada enapcemar, jenis baja, dan baja pelepasan perlahan.

Bab II menerangkan kajian kepustakaan yang menekankan pada jenis-jenis akuakultur, jenis enapcemar, komposisi enapcemar, kesan baja dan enapcemar akuakultur terhadap alam sekitar dan ekonomi, sumber enapcemar, teknologi pemerolehan enapcemar, jenis baja, komposisi baja pelepasan perlahan, analisis baja pelepasan perlahan dan pemilihan baja pelepasan perlahan.

Bab III memberi maklumat tentang metodologi kajian ini. Sumber enapcemar akuakultur yang akan digunakan. Teknologi yang digunakan dalam pemerolehan enapcemar akuakultur dan jenis bahan organik yang digunakan bagi penghasilan biobaja pelepasan perlahan akan diterangkan. Tambahan pula, jenis-jenis analisis, bahan, alat radas dan mesin yang digunakan juga akan dinyatakan. Penilaian risiko dan pengurusan sisa semasa menjalankan ujikaji ini juga dibincangkan.

Bab IV membincangkan mengenai keputusan yang didapati berdasarkan objektif dan kajian yang dijalankan. Pencirian enapcemar di lakukan dengan menggunakan kromatografi ion. Seterusnya, penentuan kadar pelepasan nutrien dilakukan selama 15 hari bagi menentukan kadar pelepasan perlahan antara biobaja pelepasan yang dihasilkan dan baja konvensional bagi medium air, pasir, dan tanah. Selain itu, tumbuhan iaitu pokok bendi digunakan bagi melihat prestasi tumbuhan di dalam biobaja pelepasan yang dihasilkan dan baja konvensional selama sebulan.

Bab V menyimpulkan keseluruhan kajian yang dilakukan serta mencadangkan kajian lanjutan yang boleh dilakukan bagi menghasilkan biobaja pelepasan perlahan yang lebih menyeluruh.

BAB II

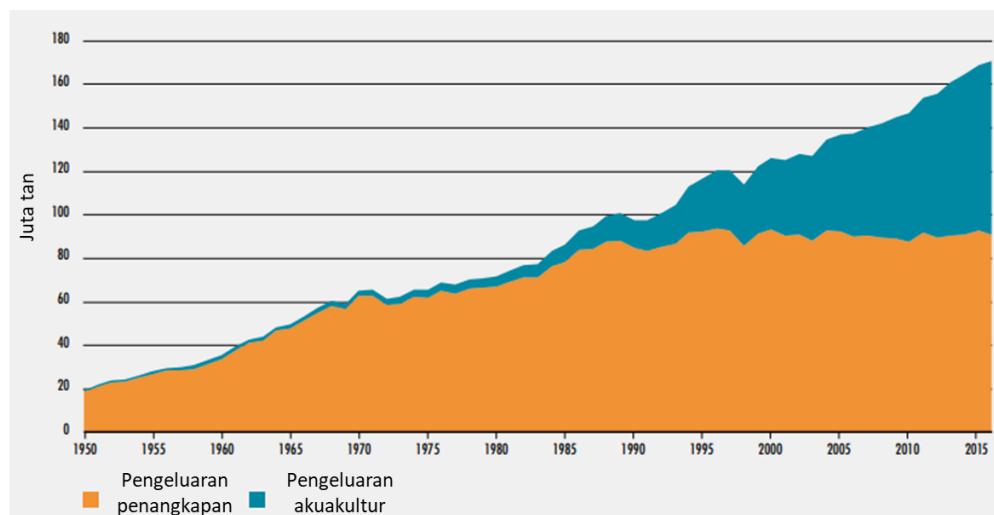
KAJIAN KEPUSTAKAAN

2.1 PENGENALAN

Berdasarkan Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries and Aquaculture Department (2018), pengeluaran ikan akan meningkatkan sebanyak 37% pada tahun 2030 berbanding 2016. Peningkatan tersebut bukan sahaja membawa kebaikan tetapi juga memberikan kesan negatif terhadap alam sekitar seperti lebihan enapcemar yang dapat memusnahkan ekosistem semula dengan berlakunya permintaan oksigen kimia yang tinggi pada ekosistem tersebut. Terdapat tiga jenis sistem akuakultur yang mempunyai kandungan nutrien enapcemar iaitu ternakan air tawar, ternakan air masin, dan ternakan darat (Dauda et al. 2019). Kandungan nutrien enapcemar akuakultur juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis ternakan. Pelbagai jenis teknologi bagi pemerolehan semula nutrien yang boleh digunakan antaranya pemendapan dan pengumpalan, pemisahan fizikal, reaksi anaerobik, dan sebagainya (Ezziddine et al. 2020). Pencirian enapcemar akuakultur dilakukan bagi menentukan kandungan nutrien. Seterusnya, baja dapat dibahagi kepada tiga bahagian iaitu baja konvensional, pelepasan perlahan, dan pelepasan kawalan. Jenis-jenis baja tersebut mempunyai ciri-ciri tersendiri. Berdasarkan Fertahi et al. (2021), baja memberikan kesan buruk terhadap alam sekitar jika berlebihan. Oleh itu, baja pelepasan perlahan akan dihasilkan bagi mengurangkan masalah penggunaan baja terhadap alam sekitar dan meningkatkan bekalan baja. Pemilihan bahan bagi penghasilan biobaja pelepasan perlahan adalah perkara yang kritikal bagi menentukan keberkesanan baja tersebut. Selain itu, mekanisme baja pelepasan perlahan akan dipengaruhi oleh klasifikasi baja tersebut.

2.2 INDUSTRI AKUAKULTUR

Industri akuakultur adalah bentuk pertanian yang melibatkan pembiakan, penanaman, dan pemasaran haiwan dan tumbuhan akuatik dalam lingkungan yang terkawal (Pillay 2004). Sebagai contoh, ikan, salmon, ikan tilapia, dan rumpai laut. Pada tahun 2018, Pertubuhan Makanan dan Pertanian di Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (FAO) menyatakan industri akuakultur berkembang lebih pantas berbanding sektor pengeluaran makanan lain. Dilaporkan bahawa pada tahun 2030, akuakultur pengeluaran ikan dan kerang dijangka mencapai 109 juta tan yang mewakili kadar pertumbuhan 37% berbanding pengeluaran pada tahun 2016 (Rome 2018). Rajah 2.1 menunjukkan pengeluaran akuakultur dan penangkapan pada tahun 1950 hingga 2015.



Rajah 2.1 Pengeluaran akuakultur dan penangkapan pada tahun 1950 hingga 2015

Sumber: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries and Aquaculture Department 2018

Berdasarkan Rajah 2.1, dapat dijangkakan enapcemar bagi akuakultur juga akan meningkat seiring peningkatan penternakan ikan. Enapcemar yang dikumpulkan mengandungi nutrien yang mungkin akan menyebabkan masalah pencemaran jika tidak dihapuskan dengan baik tetapi jika iaanya dirawat enapcemar tersebut dapat digunakan untuk pertumbuhan tumbuhan (Ezzidine et al. 2020). Walau bagaimanapun penggunaan produk sampingan ikan seperti lebihan stok suapan telah mendapat perhatian sejak dua dekad lalu kerana mempunyai sumber nutrien yang memuaskan untuk digunakan semula (Dauda et al. 2019).

2.2.1 Jenis-jenis Akuakultur

Akuakultur ialah amalan penternakan makanan laut seperti ikan, kerang dan sebagainya. Terdapat tiga jenis sistem akuakultur iaitu akuakultur air masin, akuakultur air tawar dan akuakultur berdasarkan tanah. Selain itu, terdapat juga jenis penternakan sangkar di teluk yang dilindungi pantai dan kawasan pantai yang melibatkan penggunaan stok dan pemakanan yang sangat intensif. Rajah 2.2 menunjukkan jenis-jenis sistem akuakultur.



Rajah 2.2 Jenis-jenis akuakultur sistem, (a): akuakultur berdasarkan air masin; (b) akuakultur berdasarkan air tawar; (c): akuakultur berdasarkan tanah

Sumber: Salmon Facts 2022

Setiap sistem akuakultur mempunyai sifatnya tersendiri serta kebaikan dan keburukan. Berdasarkan Pillay (2004), terdapat beberapa kategori untuk pengeluaran produk akuakultur iaitu organisma makanan, industri umpan, perdagangan akuarium, pancing berbayar, penstokan tasik, dan rumah bekalan biologi.

2.2.2 Proses Penternakan Akuakultur dan Penghasilan Sisa

Berdasarkan Pillay (2004), jenis sisa utama di tempat penetasan atau ladang pengeluaran boleh dibahagikan kepada tiga bahagian iaitu sisa makanan dan bahan

najis, hasil metabolisme, dan sisa biosid dan biostat. Sisa terlarut adalah hasil metabolisme makanan dalam ikan atau makanan reput yang tidak dimakan. Dalam sisa terlarut, dua komponen utama yang menjadi perhatian ialah nitrogen (N) dan fosforus (P). Kedua-dua unsur ini membentuk komponen penting protein, yang merupakan komponen utama makanan ikan .

Akuakultur berasaskan tanah akan menggunakan baja sebagai stok suapan di mana sisanya boleh terbina akibat pemendapan, penghancuran dan penggunaan yang kurang (Pillay 2004). Stok suapan biasanya disediakan dalam bentuk kering, lembap atau basah. Semua komponen stok suapan, dan hasil sampingan metabolisme, boleh menjadi bahan buangan. Stok suapan ini mengandungi karbon organik dan nitrogen organik (karbohidrat, lipid dan protein), amonium, urea, bikarbonat, fosfat, vitamin, terapi, dan pigmen. Komponen yang lebih penting bagi sisa makanan dan najis ialah karbon organik dan sebatian nitrogen, yang tenggelam ke dalam mendakan (Pillay 2004). Jadual 2.1 menunjukkan komposisi tiga jenis stok suapan.

Jadual 2.1 Komposisi stok suapan bagi ternakan akuakultur

| | Until lembap | Stok suapan kering (tenaga rendah) | Stok suapan kering (tenaga tinggi) |
|--|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Berat kering (g kg^{-1}) | 325 | 900 | 900 |
| Protein (g kg^{-1}) | 170 | 500 | 450 |
| Lemak (g kg^{-1}) | 60 | 120 | 240 |
| Karbohidrat (g kg^{-1}) | 50 | 150 | 100 |
| Nitrogen (g kg^{-1}) | 27 | 80 | 72 |
| Fosforus (g kg^{-1}) | 4 | 15 | 10 |
| Tenaga kasar (Mcal kg^{-1}) | 1.3 | 4.6 | 5.3 |

Sumber: Pillay 2004

Berdasarkan Dauda et al. (2019) makanan ikan berprotein tinggi mengandungi jumlah nitrogen dan fosforus yang tinggi, namun kurang daripada 50% daripada bahan pencemar air yang berpotensi ini (nitrogen dan fosforus) dikekalkan dalam badan ikan. Oleh itu, peratusan yang besar dipindahkan ke dalam air kultur, di mana ia menjadi gangguan, dan apabila akhirnya dikeluarkan ianya kesan kepada alam sekitar. Nitrogen akan dikumuhkan dalam bentuk terlarut sebagai ammonia, manakala fosforus dikumuhkan sebagai zarah. Jadual 2.2 menunjukkan kadar pengekalan dan

perkumuhan nutrien berdasarkan peratusan makanan yang digunakan. Jumlah nitrogen dan fosforus yang dikekalkan berbeza berdasarkan jenis ikan kerana setiap ikan mempunyai sifat tersendiri. Didapati jumlah nutrien yang terhasil adalah tinggi disebabkan ikan tidak dapat menggunakan peratusan besar nitrogen dan fosforus.

Jadual 2.2 Kadar pengekalan dan perkumuhan nutrien (nitrogen dan fosforus) (sebagai peratusan makanan yang digunakan).

| Jenis ikan | Pengekalan sebagai pepejal (%) | | Tidak tercerna dalam najis (zarah) (%) | | Dikumuhkan (bentuk terlarut) (%) | | Rujukan |
|--------------------|---------------------------------------|----------|---|----------|---|----------|------------------------|
| | N | P | N | P | N | P | |
| Ikan salmon | 49 | 36 | 14 | 55 | 37 | 9 | Johnsen et al. (1993) |
| Ikan salmon | | 17-19 | | 48-54 | | 28-34 | Holby et al. (1994) |
| Ikan kap | 11 | 32 | | | | | Avnimelech (1979) |
| Ikan keli | 27 | 30 | | | | | Boyd (1985) |
| Ikan siakap | 10 | 40 | 35 | 15 | 55 | 45 | Lemarie et al. (1998) |
| Ikan siakap | 30 | | 10 | | 60 | | Porter et al. (1987) |
| Ikan siakap | 19-26 | | | | | | Krom et al. (1995) |
| Ikan trout pelangi | 30 | | 13 | | 57 | | Beveridge (1991) |
| Ikan trout pelangi | 25 | 30 | 15 | 70 | 60 | 0 | Pillay (1992) |
| Ikan tilapia | 21-22 | 18.8 | 3.6-5.4 | 19-22 | 59-72 | 60-62 | Siddiqui et al. (1999) |

Sumber: Dauda et al. 2019

Seterusnya, pengeluaran sisa seunit biojisim ikan didapati berkaitan dengan saiz ikan. Saiz stok suapan akan mempengaruhi kepekatan oksigen terlarut di dalam enapcemar akuakultur. Pengumpulan bahan buangan yang diperoleh daripada makanan dan metabolisme tertakluk kepada musim, keadaan iklim dan suhu air. Keadaan iklim yang optimum, penternakan akuakultur dapat dilakukan sepanjang tahun tanpa masalah (Rafiee et al. 2005). Begitu juga, beberapa prosedur rutin akuakultur boleh menjaskan kualiti dan kuantiti sisa yang dibuang. Sebagai contoh, pembersihan tangki, laluan lumba dan kemudahan penternakan lain boleh

mengakibatkan peningkatan mendadak bahan buangan di dalam pembuangan (Pillay 2004).

Terdapat dua mod dan kekerapan pelepasan enapcemar akuakultur yang bergantung kepada sistem kultur yang digunakan dan prosedur pengurusan air yang berkaitan. Berdasarkan ini, dua sistem pelepasan utama adalah pelepasan bermusim, dan pelepasan berterusan. Pelepasan bermusim akan mempengaruhi kadar pengeluaran sisa berdasarkan komposisi kultur, dan perubahan kadar penggunaan stok suapan (Rafiee et al. 2005). Pelepasan berterusan adalah proses daripada pengkulturan haiwan ke dalam persekitaran, seperti dari sangkar, atau melalui sistem saliran khas, seperti di ladang kolam (Pillay 2004).

2.3 ENAPCEMAR AKUAKULTUR

Enapcemar akuakultur berasal daripada strategi pemberian makanan semula jadi spesies ikan, kepadatan stok ikan, jumlah biojisim ikan, sisa makanan, kadar makanan input (baja/kuantiti terpakai dan kaedah aplikasi), kualiti air, dan pengurusan air mempengaruhi asimilasi nutrien oleh pengeluaran ikan dan air sisa (Rafiee et al. 2005). Jadual 2.3 menunjukkan peratusan jumlah stok suapan akuakultur menjadi pepejal terampai.

Jadual 2.3 Jumlah stok suapan menjadi pepejal terampai

| Jumlah (%) | Rujukan |
|-------------------|-----------------------|
| 25-35 | Zhang et al. (2021) |
| 7.1-9.9 | Strauch et al. (2018) |

Berdasarkan Jadual 2.3, jumlah stok suapan akan memainkan peranan yang tinggi dalam membekalkan nutrien semasa pemerolehan semula nutrien. Monsees et al. (2017) menyebut bahawa pepejal enapcemar mengandungi 7–32% daripada jumlah nitrogen dan 30–84 % daripada jumlah fosforus air sisa. Menurut Fu et al. (2018), 17%, 3%, dan 62% sisa makanan dan najis ikan adalah protein, lemak dan karbohidrat (berdasarkan bahan kering).

2.3.1 Impak Enapcemar Akuakultur kepada Alam Sekitar dan Ekonomi

Persepsi awam terhadap akuakultur sangat kritikal, menimbulkan kebimbangan tentang eutrofikasi dan pencemaran persekitaran aquatik akibat pelepasan langsung nutrien daripada ladang ikan (Zhang et al. 2015). Pelepasan akuakultur yang selalu diabaikan iaitu sisa pepejal yang berasal daripada najis dan pelet makanan yang tidak dimakan akan menjadi pengumpulan nutrien yang banyak. Pengumpulan nutrien yang tinggi akan menyebabkan penukaran mikrob, mobilisasi kimia dan larut lesap, pelepasan nutrien boleh menyebabkan alga mekar, kekurangan oksigen dan kematian di kalangan aquatik atau organisma (Zhang et al. 2015).

Hipernutrifikasi dan eutrofikasi adalah dua proses utama yang terhasil daripada pembuangan sisa dari ladang aquakultur berdasarkan tanah atau air. Hipernutrifikasi berlaku disebabkan peningkatan ketara kepekatan nutrien terlarut yang boleh diukur. Eutrofikasi berlaku kerana peningkatan ketara pertumbuhan fitoplankton dan produktiviti. Eutrofikasi boleh mewujudkan keadaan yang menggalakkan untuk wabak penyakit. Penggunaan nutrien oleh fitoplankton mungkin dipengaruhi oleh kekeruhan dan ketersediaan cahaya, serta arus dan masa siram. Peningkatan kekeruhan akan membuatkan pengurangan penembusan air di dalam air (Pillay 2004). Eutrofikasi akan menyebabkan alga mekar yang boleh menyebabkan bahaya alam sekitar termasuk kematian ikan.

Enapcemar daripada aquakultur mempunyai kandungan pepejal organik dan permintaan oksigen kimia yang tinggi. Pepejal organik dapat memberikan kesan yang buruk kepada tanah jika ianya tidak stabil seperti penurunan kepada kestabilan tanah, dan kekuatan tanah. Walaubagaimanapun ianya juga bergantung kepada sumber pepejal organik tersebut. Ikan akan melepaskan ammonia dan urea yang lebih rendah ke dalam air sebagai sisa. Dua bentuk ammonia berlaku dalam sistem aquakultur adalah meng-ion dan tidak ter-ion. Ammonia yang tidak ter-ion sangat toksik bagi ikan manakala ammonia ter-ion tidak (Pillay 2004).

Beberapa jenis aquakultur boleh memberi kesan negatif terhadap alam sekitar kerana penggunaan antibiotik, bahan tambahan makanan, dan racun perosak. Lebih daripada 70% antibiotik yang ditambahkan ke sistem aquakultur dilepaskan ke dalam

air dan terkumpul di dalam enapan hingga menyebabkan risiko kesihatan awam masih belum dijelaskan (Liu et al. 2017). Seiring berkembang industri, terdapat risiko kerosakan persekitaran kerana peningkatan jumlah efluen dan pencemaran, ikan ternakan melarikan diri ke alam liar, penyebaran penyakit dari ikan ternakan ke populasi liar, dan pencemaran dari kutu laut.

Penggunaan tembaga sulfat secara meluas untuk mencegah jangkitan dan pertumbuhan alga dalam akuakultur telah mengakibatkan penumpukan logam berat di efluen dan persekitaran akuatik yang menerima (Cao et al. 2016). Selain itu, pelepasan air sisa akuakultur akan menyebabkan perubahan warna air pada tempat yang di nyah-caskan.

2.3.2 Pencirian Air Sisa Akuakultur

Pencirian air sisa akuakultur dilakukan bagi memastikan kandungan enapcemar mempunyai ciri-ciri yang sesuai bagi digunakan untuk menghasilkan biobaja pelepasan perlahan. Pencirian tersebut termasuk jumlah pepejal terampai (TSS), pepejal terampai meruap (VSS), permintaan oksigen kimia (COD), permintaan oksigen kimia larut (SCOD), jumlah nitrogen (TN), jumlah fosfor (TP) dan nutrien larut (NH_4^+N , NO_2^-N , NO_3^-N , P, K, Cu, Zn, S, Mn, Mg, Ca Mo, B, Fe) (Ezziddine et al. 2020). Jadual 2.4 menunjukkan kriteria bagi enapcemar bagi berlainan negara.

Berdasarkan Jadual 2.4, jumlah pepejal terampai (TSS) akan digunakan bagi pemerolehan semula nutrien. Penentuan kandungan makronutrien dan mikronutrien di dalam enapcemar adalah penting bagi menentukan teknologi atau proses yang sesuai dalam pemerolehan semula nutrien.

Jadual 2.4 Kriteria enapcemar bagi berlainan negara

| Kriteria | Malaysia | Nigeria | Afrika Selatan | China | Finland |
|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Sumber air | Tawar | Tawar | Tawar | Laut | ND |
| pH | 6.72 | 6.83 | 7.28 | 8 | 7-7.5 |
| DO (mg/L) | 3.83 | 4 | 4.17 | ND | ND |
| Konduktiviti (mS/cm) | ND | ND | ND | 32 | 39.66 |
| Kekeruhan (NTU) | 24.2 | ND | ND | ND | 315 FNU |
| TSS (mg/L) | ND | 2136.75 | 70 | 100 | 201 |
| BOD (mg/L) | 14.8 | 36.8 | ND | ND | ND |
| COD (mg/L) | 205 | 58.81 | 96 | ND | 74 |
| TKN (mg/L) | 12.54 | ND | ND | ND | ND |
| Ammonia nitrogen (mg/L) | 9.45 | ND | 5.32 | 5.32 | 0.18 |
| Nitrate nitrogen (mg/L) | 30.17 | 9.93 (NO_3) | 40.67 | ND | 2.6 |
| Nitrite nitrogen (mg/L) | 25 | ND | 5.52 | ND | ND |
| Phosphate (mg/L) | 32.5 | 18.43 | 8.82 (PO_4^3-P) | 0.5 (P) | 5.42 (PO_4^3-P) |
| Rujukan | Akinbile et al. (2012) | Omitoyin et al. (2017) | Ramsundar et al. (2017) | Lang et al. (2020) | Heiderscheidt et al. (2020) |

ND, tidak dapat dikesan

Sumber: Alnawajha et al. 2022

Jadual 2.5 menunjukkan peratusan nutrien di dalam enapcemar. Berdasarkan Delaide et al. (2018), fosforus lebih banyak terdapat dalam enapcemar. Mikronutrien seperti Cu, Zn dan Mn juga tertumpu terutamanya dalam pepejal (Zhang et al. 2021). Selain daripada lebihan nutrien di dalam enapcemar akuakultur, terdapat juga bahan kimia yang digunakan di dalam akuakultur. Sebagai contoh, asid asetik, klorida, dan formalin yang berfungsi sebagai pembasmi bakteria dan ektoparasit (Pillay 2004).

Jadual 2.5 Peratusan nutrien di dalam enapcemar

| Jenis nutrien | Peratusan di dalam enapcemar (%) (berdasarkan bahan kering) | Peratusan pemerolehan (%) |
|---------------|---|---------------------------|
| Nitrogen, N | 6 | - |
| Fosforus, P | 18 | 54.2 |
| Kalium, K | 6 | 26-71 |
| Kalsium, Ca | 16 | 64.95 |
| Magnesium, Mg | 89 | 57.29 |
| Besi, Fe | 24 | - |
| Mangan, Mn | 86 | 13.18 |
| Zink, Zn | 47 | 24.60 |
| Tembaga, Cu | 22 | 21.79 |
| Rujukan | Goddek et al. (2019) | Delaide et al. (2018) |

Sumber: Zhang et al. 2021

2.4 PEMEROLEHAN SEMULA NUTRIEN ENAPCEMAR

Terdapat pelbagai cara atau teknologi yang boleh digunakan bagi proses pemerolehan semula nutrien enapcemar seperti berdasarkan biopenurasan, penapisan fizikal, dan penapisan kimia. Nutrien terlarut yang boleh diperoleh semual adalah NH_4^+N , NO_2^-N , NO_3^-N , P, K, Cu, Zn, S, Mn, Mg, Ca Mo, B, Fe (Ezziddine et al. 2020).

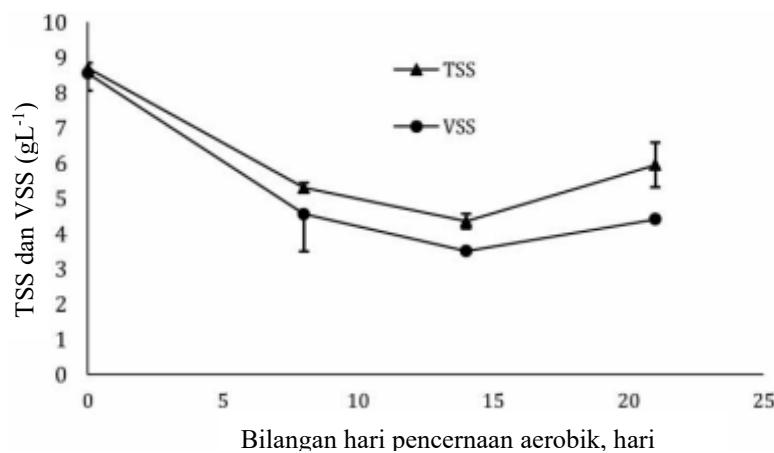
Biopenurasan adalah berdasarkan bahan hijau atau mikroorganisme yang akan membiak lalu menghasilkan lapisan biologi (Han et al. 2020) . Contoh bagi biopenurasan adalah reaktor pencernaan aerobik, turus penitisan, penuras manik, penapisan pasir terbendarilir dan sebagainya. Seterusnya, proses pengentalan dan pengumpalan boleh menggunakan bahan kimia atau semula jadi sebagai contoh kitosan sebagai bahan semula jadi dan sintetik polimer iaitu poliakrilamida sebagai bahan kimia (Alnawajha et al. 2022). Kebiasaannya, penapisan mekanikal atau fizikal harus dilakukan pada peringkat awal bagi mengelakkan stok suapan hancur di dalam kolam ternakan lalu diikuti dengan pengentalan dan pengumpalan (Dauda et al. 2019). Jadual 2.6 menunjukkan penerangan ringkas bagi jenis-jenis pemerolehan semula sisa pepejal terampai bagi enapcemar akuakultur.

Jadual 2.6 Jenis – jenis pemerolehan semula sisa pepejal terampai bagi enapcemar akuakultur

| Jenis Rawatan | Penerangan | Rujukan |
|-----------------------------|---|------------------------|
| Biopenurasan | Pencernaan Anaerobik digunakan untuk meningkatkan kepekatan nutrien. | Ezziddine M et al 2020 |
| Pengentalan dan pengumpalan | Menggunakan bahan kimia atau semula jadi. Proses pengentalan akan berlaku dahulu dan diikuti pengumpalan. | Alnawajha et al. 2022 |
| Penapisan mekanikal | Perlu dilakukan dengan cepat untuk mengelakkan stok suapan hancur atau larut di dalam air. | (Dauda et al. 2019) |

2.4.1 Pencernaan Aerobik

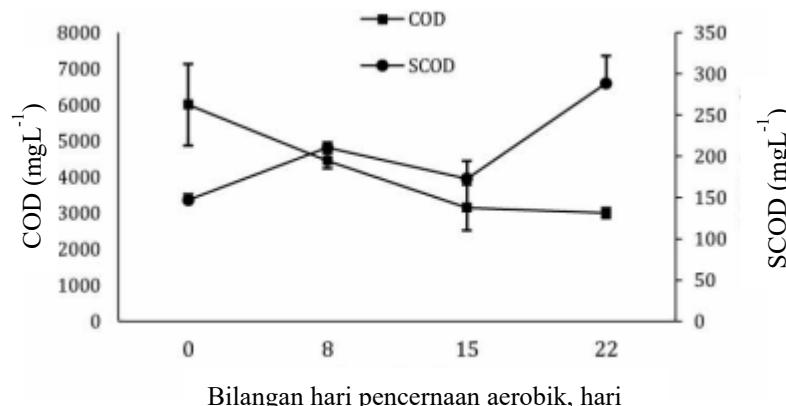
Bagi mengelakkan keadaan pepejal organik yang melebihi had, pencernaan aerobik digunakan untuk mencernakan enapcemar dengan melarutkan beberapa pepejal organik dan bahan organik pengoksidaan, dan melepaskan nutrien yang terikat pada pepejal secara serentak. Kecakapan pencernaan aerobik dapat dilihat melalui masa yang diambil untuk ianya cerna sepenuhnya. Berdasarkan Rajah 2.3, kandungan TSS dan VSS di dalam enapcemar akuakultur berkurang pada hari ke-15 dan meningkatkan pada hari ke-20 kerana pertumbuhan bakteria yang berpunca daripada penguraian bakteria yang kehabisan bahan organik terbiodegradasi (Ezziddine et al. 2020).



Rajah 2.3 Kandungan TSS dan VSS di dalam enapcemar akuakultur bagi pencernaan aerobik

Rujukan: Ezziddine M et al. 2020

Berdasarkan Ezziddine et al. (2020), kandungan makro dan mikro nutrien di dalam enapcemar selepas proses pencernaan aerobik menunjukkan peningkatan dimana nutrien tersebut telah larut. Kelarutan dan keoksidaan pepejal organik semasa pencernaan aerobik mempengaruhi kandungan permintaan oksigen kimia (COD) seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2.4. Peningkatan bahan organik dan tidak organik yang tidak boleh terbiodegradasi telah meningkatkan permintaan oksigen kimia larut (Ezziddine et al. 2020).



Rajah 2.4 Kandungan COD dan SCOD di dalam enapcemar akuakultur bagi pencernaan aerobik

Rujukan: Ezziddine M et al. 2020

Selain itu, kehadiran bahan organik terlarut dalam larutan nutrien pada kepekatan rendah mendorong pertumbuhan tanaman dan pengambilan nutrien dan akibatnya memimpin kepada hasil yang lebih tinggi (Ezziddine et al. 2020). Oleh itu, pencernaan aerobik dapat meningkatkan jumlah nutrien semasa pemerolehan nutrien daripada enapcemar dan hanya memerlukan 15 hari kerana mempunyai kecekapan yang tinggi.

2.4.2 Pengentalan dan Pengumpalan

Pelbagai cara boleh digunakan bagi proses pemisahan pepejal, antaranya menggunakan bahan semula jadi seperti berdasarkan tumbuhan atau organik dan bahan berdasarkan kimia atau bukan organik seperti kitosan atau sintetik polimer iaitu poliakrilamida. Setiap bahan yang digunakan mempunyai ciri-ciri dan kecekapan

tersendiri. Jadual 2.7 menunjukkan jenis-jenis pengental dan pengumpal yang boleh digunakan.

Jadual 2.7 Jenis-jenis pengentalan dan pengumpalan yang boleh digunakan

| Bahan | Klasifikasi | Ciri-ciri bahan | Kecekapan penyingkiran | Rujukan |
|------------------------------|---------------------|---|--|-----------------------------|
| Kitosan | Semula jadi | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tidak toksik ▪ Polimer kationik semula jadi ▪ Daripada udang dan bakteria | <ul style="list-style-type: none"> ▪ TSS=91% ▪ Kekeruhan = 96% ▪ Penyingkiran warna = 44.5% | Ezziddine et al. (2020) |
| Kanji | Semula jadi | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tidak toksik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ TSS > 80% ▪ Kekeruhan > 90 % | Heiderscheidt et al (2020) |
| Poliakrilamida polimer | Sintetik organik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menghalang degradasi mikrobiola ▪ Toksik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ TSS=58% ▪ Kekeruhan = 75% ▪ Penyingkiran warna = 13% | Ezziddine et al. (2020) |
| Polyamine | Sintetik organik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cas kationik sangat tinggi ▪ Berat molekul yang rendah | <ul style="list-style-type: none"> ▪ TSS=98% ▪ Kekeruhan = 89% | Ebeling et al. (2005) |
| <i>S. indicum</i> | Berasaskan tumbuhan | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tidak toksik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kekeruhan = 97.6 % | Chinenye et al. (2019) |
| <i>Aloe vera</i> | Berasaskan tumbuhan | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tidak toksik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ COD = 52.6% ▪ Kekeruhan = 46.67 | Muruganandam et al. (2017) |
| Poli aluminium klorida (PAC) | Bukan organik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Toksik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ TSS = 97% ▪ Kekeruhan = 98 % | Heiderscheidt et al. (2020) |
| Alum | Bukan organik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tidak toksik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kekeruhan > 89% ▪ TSS > 94% | Ebeling et al. (2003) |

TSS, jumlah pepejal terampai; COD, permintaan oksigen kimia

Sumber: Alnawajha et al 2022

Penggunaan kitosan memberikan kecekapan yang lebih tinggi pada dos yang sama digunakan. Kitosan juga berasal daripada sumber yang tidak berbahaya seperti haiwan atau bakteria (Ezziddine et al. 2020). Selain itu, kitosan merupakan bahan yang tidak toksik manakala kation poliakrilamida yang terkumpul semasa proses rawatan enapcemar akan menghalang degradasi mikrobiol semasa proses penapaian anaerob (Xu et al. 2018).

Terdapat beberapa parameter operasi yang mempengaruhi proses pengentalan dan pengumpalan. Parameter tersebut adalah dos koagulan/flokulan, pH, kelajuan pencampuran dan tempohnya, suhu dan masa mendap. Berdasarkan Alnawajha et al. (2022), kaedah pengekstrakan koagulan/flokulan berasaskan tumbuhan ialah parameter operasi penting dalam pengentalan dan pengumpalan yang harus dikawal untuk meningkatkan kecekapan rawatan. Oleh itu, penggunaan bahan yang sama akan memberi kecekapan yang berbeza jika parameter operasi yang digunakan adalah berbeza. Jadual 2.8 menunjukkan perbezaan parameter operasi bagi bahan yang sama memberikan kecekapan penyingkiran yang berlainan.

Jadual 2.8 Perbezaan parameter operasi bagi jenis bahan yang sama

| Bahan | Klasifikasi | Ciri-ciri enapcemar akuakultur | Parameter operasi | Kecekapan penyingkiran | Rujukan |
|-------------------------------------|---------------|--|---|--|-----------------------|
| Ferrik Klorida (FeCl ₃) | Bukan organik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ TSS = 108-259 mg/L ▪ Kekeruhan = 99.6-150.3 FUN | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kekeruhan = 17.2 mg-Fe/L dos ▪ TSS = 20.7 mg-Fe/L dos ▪ RM = 140 rpm for 1 min ▪ SM = 30 rpm for 20 min ▪ Ts = 30 min | <ul style="list-style-type: none"> ▪ TSS > 92% ▪ Kekeruhan > 92% | Zhang et al. (2014) |
| Ferrik Klorida (FeCl ₃) | Bukan organik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ TSS = 49-105 mg/L ▪ Kekeruhan = 35-147 FTU | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kekeruhan = 60 mg-Fe/L dos ▪ TSS = 90 mg-Fe/L dos ▪ RM = 150 rpm for 1 min ▪ SM = 20 rpm for 10 min ▪ Ts = 10-20 min | <ul style="list-style-type: none"> ▪ TSS > 86% ▪ Kekeruhan > 88% | Ebeling et al. (2004) |

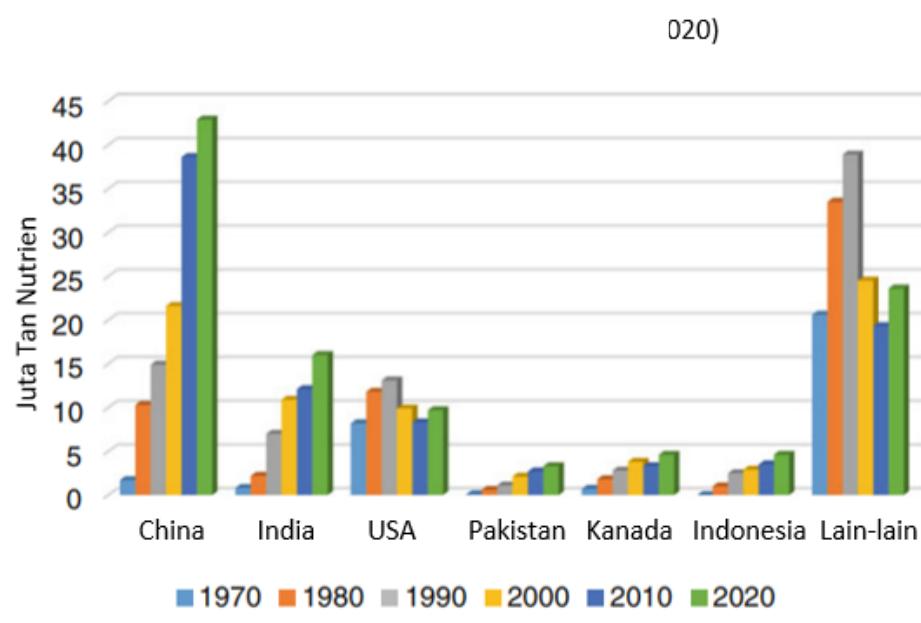
TSS, jumlah pepejal terampai; RM, kadar campuran laju; SM, kadar campuran perlahan; Ts, masa

Sumber: Alnawajha et al 2022

2.5 BAJA

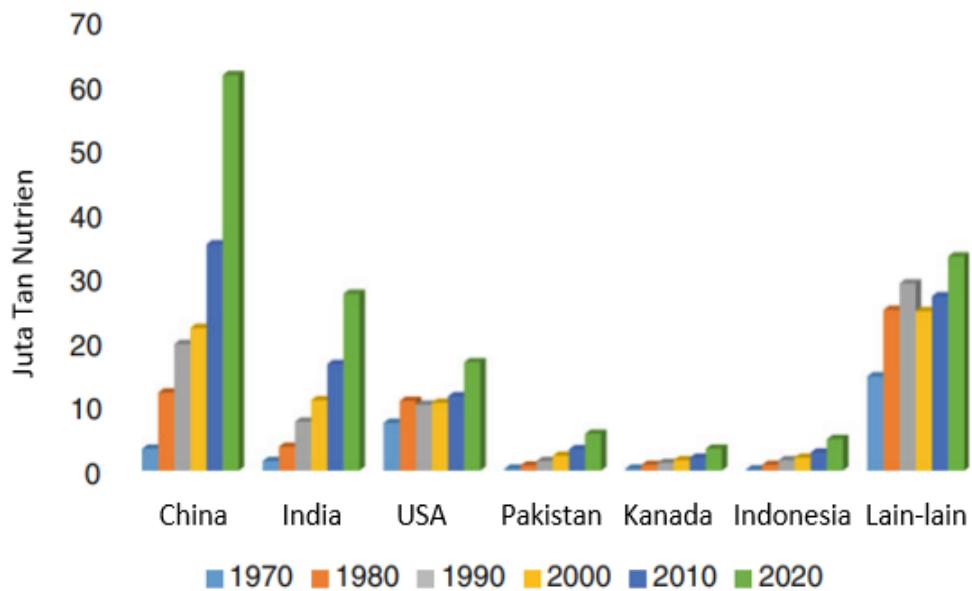
Baja adalah bahan kimia atau semula jadi yang ditambahkan pada tanah atau tanah untuk meningkatkan kesuburannya. Komponen utama di dalam baja adalah nitrogen (N), fosforus (P), dan kalium (K) (Fu et al. 2018). Pelbagai jenis baja yang diperkenalkan sebagai contohnya baja kimia, baja pelepasan perlahan dan sebagainya yang mempunyai kebaikan dan keburukan tersendiri. Ramalan bagi permintaan baja

diperlukan bagi memastikan bekalan makanan seiring dengan peningkatan populasi dunia (Yahya 2018). Pertumbuhan penduduk global menimbulkan ancaman terhadap bekalan makanan di era peningkatan degradasi ekosistem, perubahan iklim, hakisan tanah, dan kehilangan keanekaragaman hayati. Penduduk dunia telah berkembang dari 1.6 bilion orang (1950) menjadi 7.7 bilion (2020) dan diramalkan akan mencapai 9.7 bilion pada tahun 2050 (Gerten et al. 2020). Rajah 2.5 dan Rajah 2.6 menunjukkan pengeluaran dan penggunaan baja nitrogen pada tahun 1970 hingga 2020 bagi negara tertentu.



Rajah 2.5 Pengeluaran baja nitrogen pada tahun 1970-2020

Sumber: Yahya 2018



Rajah 2.6 Penggunaan baja nitrogen pada tahun 1970-2020

Sumber: Yahya 2018

Pada tahun 2020, telah berlaku kekurangan baja berdasarkan nitrogen di seluruh dunia (Yahya 2018). Berdasarkan Utusan Malaysia, 21 Januari 2021 harga baja kian meningkat saban tahun sehingga mencecah 60% sejak Oktober tahun lepas disebabkan kekurangan pengeluaran baja (Salehudin 2021). Dijangkakan kadar penggunaan baja di China, India dan Amerika Syarikat akan meningkat sekitar 75% daripada 2010 hingga 2020 (Yahya 2018). Permintaan jauh lebih tinggi daripada ketersediaan yang dianggarkan bahawa pada tahun 2020, untuk mencapai pengeluaran yang disasarkan sebanyak 321 juta tan biji-bijian makanan, keperluan nutrien adalah 28.8 juta tan, sementara ketersediaannya hanya 21.6 juta tan menjadi defisit sekitar 7.2 juta tan. Kenaikan kos semakin tidak terjangkau menyebabkan petani kecil terkesan (Datta 2016). Salah satu punca peningkatan permintaan baja adalah penggunaan baja yang tidak cekap lalu secara tidak langsung mengurangkan penghasilan tanaman yang sedikit dan mempengaruhi alam sekitar (Yahya 2018). Baja nitrogen boleh diperbuat daripada pelbagai jenis bahan mentah seperti gas asli, metana, enapcemar akuakultur dan sebagainya. Oleh itu, baja memainkan peranan penting dalam memastikan pengeluaran tanaman yang mampan dan keselamatan makanan di seluruh dunia.

Berdasarkan Fertahi et al. (2021), baja pelepasan perlahan mula diperkenalkan pada tahun 1920 dan dikomersialkan pada tahun 1955. Ini kerana penghasilan baja pelepasan perlahan dapat mengurangkan kesan negatif tersebut di samping mengurangkan pencemaran terhadap alam sekitar, tenaga, dan kos. Penghasilan biobaja pelepasan perlahan daripada sumber hijau atau sumber yang boleh di kitar semula sedang giat dijalankan seperti berasaskan kitosan dan lignin. Di antara semua jenis baja pelepasan perlahan, baja kawalan, dan baja penstabil, produk bersalut (kapsul) adalah kumpulan yang paling cepat berkembang di Amerika Syarikat dan Jepun (Achilea 2021). Dapat disaksikan semua jenis baja sedang giat berkembang di dalam pasaran Amerika Syarikat, Kanada, India, dan China kerana kebaikannya. Baja tersebut memberikan kecekapan penggunaan nutrien dan hasil yang ditingkatkan tanpa kehilangan nutrien (Fertahi et al. 2021). Baja konvensional tidak dapat mengawal kandungan air di dalam tanah tetapi baja perlepasan perlahan dapat mengawal kadar air di dalam tanah terutamanya semasa musim kemarau di wilayah kering, dan di wilayah gurun (Guo et al. 2005). Walau bagaimanapun harga baja jenis ini adalah lebih tinggi berbanding baja konvensional (Achilea 2021).

2.5.1 Industri Baja

Industri baja menghadapi cabaran yang berterusan untuk menambah baik produknya bagi meningkatkan kecekapan penggunaannya, terutamanya baja nitrogen, dan untuk meminimumkan sebarang kemungkinan kesan buruk terhadap alam sekitar. Ini dilakukan sama ada melalui penambahbaikan baja yang telah digunakan, atau melalui pembangunan jenis baja khusus baharu (Trenkel 2010). Baja dapat dibahagikan kepada tiga bahagian iaitu baja konvensional, baja pelepasan perlahan, dan baja pelepasan terkawal. Baja konvensional adalah baja yang berasaskan bahan kimia yang dapat memudaratkan persekitaran. Disebabkan itu, baja pelepasan perlahan dan terkawal dihasilkan bagi mengurangkan kesan negatif terhadap alam sekitar. Baja pelepasan perlahan dan terkawal hanya berbeza dari segi pelepasan nutrien yang mana bagi baja pelepasan perlahan nutrien sentiasa dilepaskan manakala bagi baja pelepasan terkawal, nutrien dilepaskan berdasarkan keadaan tanah dan faktor kelembapan (Fertahi et al. 2021). Jadual 2.9 menunjukkan perbezaan baja konvensional dan baja pelepasan perlahan.

Jadual 2.9 Perbezaan baja konvensional dan baja perlepasan perlahan

| Jenis Baja | Baja Konvensional | Baja Pelepasan Perlahan |
|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Harga | Murah | Lebih Mahal |
| Teknologi | Mudah | Rumit |
| Tenaga Kerja | Ramai | Sedikit |
| Bekalan Nutrien | Teruk | Bagus |
| Kesan Persekutaran | Negatif | Positif |

Sumber: Fertahi et al. 2021

2.5.2 Biobaja

Biobaja berasal daripada mikroorganisma hidup seperti bakteria, alga atau ulat, secara individu atau gabungan, yang meningkatkan kesuburan tanah sehingga memberi manfaat kepada tanaman yang tumbuh di tanah tersebut (Das, 2019). Mikroorganisma juga digunakan untuk meningkatkan ketersediaan dan pengambilan nutrien mineral untuk tanaman (Malusá et al. 2012). Bioformulasi ialah keadaan pembawa di mana mikroorganisma hidup atau terpendam (bioinokulan) dibekalkan kepada sasaran sama ada tumbuhan atau tanah (Sahu et al. 2016). Faktor yang mempengaruhi kecekapan bioinokulan adalah ketegangan mikrob dan formulasi inokulan. Kualiti yang bagus bagi bioformulasi adalah penstabilan sel, dan perlindungan sel mikrob semasa penyimpanan dan pengangkutan.

Oleh itu, biobaja merupakan teknologi hijau dan ianya tidak lagi hanya bergantung kepada bahan bakar fosil lagi. Kebergantungan pertanian moden yang berlebihan dan penyediaan baja sintetik ini memberikan kesan buruk. Ini dapat diperhatikan daripada penggunaannya yang berlebihan dan tidak seimbang telah memaksa pencarian alternatif (Datta 2016). Sesetengah baja organik bertindak sebagai perangsang semula jadi pertumbuhan dan pengembangan tanaman. Selain itu, terdapat tiga kumpulan utama mikroorganisma yang dianggap bermanfaat untuk tanaman iaitu fungi mikorizal arbukular (AMF), azobakteria penggalak pertumbuhan tumbuhan (PGPR), dan rizobakteria penetap nitrogen (Malusá et al. 2012). Oleh itu, sudah diketahui bahawa sebilangan besar bakteria dan spesies kulat mempunyai hubungan berfungsi dan merupakan sistem holistik dengan tumbuh-tumbuhan (Wu et al. 2005).

2.5.3 Kesan Baja Kepada Alam Sekitar, dan Ekonomi

Penggunaan nitrogen (N) dunia, fosfat (P_2O_5), dan baja kalium (K_2O) pada tahun 2015 dilaporkan berjumlah 110,027,000, 41,151,000, dan 32,838,000 tan dan ramalan bagi 2020 dianggarkan berjumlah 118,136,000, 45,853,000, dan 37,042,000 tan (Rome 2018). Peningkatan jumlah penggunaan baja akan memberikan kesan negatif kepada alam sekitar seperti meningkatkan keasidan tanah, pelepasan berbahaya, menyebabkan air bawah tanah tercemar, dan sebagainya. Ini terjadi kerana kadar pelepasan per unit masa nutrien adalah biasanya jauh lebih tinggi daripada kadar penjerapan oleh tanaman (Pang et al. 2018).

Berdasarkan Fertahi et al. (2021), tumbuhan hanya menggunakan sebahagian daripada baja konvensional dan selebihnya hilang ke persekitaran. Kira-kira 40–70% kandungan nitrogen hilang melalui pencucian, mineralisasi, pemeruapan NH_3 , pelepasan gas (nitrat oksida NO_x), hakisan tanah, dan proses denitrifikasi. Dari segi fosforus, 80–90% hilang kerana pergerakan permukaan dan mineralisasi (penetapan P dan pembentukan oksida berasaskan Fe dan Al), dan 50–70% kalium hilang terutamanya oleh pencucian yang berkaitan dengan pergerakan air di tanah dan pergerakan permukaannya.

Penggunaan baja kimia yang berlebihan dan tidak seimbang telah mempengaruhi tanah hingga menyebabkan penurunan karbon organik, pengurangan flora mikrob tanah, peningkatan keasidan dan kealkalian, dan pengerasan tanah (Liu et al. 2010). Lebih-lebih lagi, penggunaan baja nitrogen yang berlebihan mencemari badan air sehingga mempengaruhi fauna ikan dan menyebabkan bahaya kesihatan bagi manusia dan haiwan (Datta 2016). Selain itu, sintesis baja kimia nitrogen seperti urea memerlukan perbelanjaan tenaga yang besar yang menyebabkan pelepasan gas karbon dioksida, CO_2 , 10 kali ganda atau lebih tinggi (Zhang et al. 2013). Seterusnya, hanya 30 – 40% baja kimia yang digunakan oleh tanaman di ladang manakala selebihnya mencemarkan dan menyebabkan masalah persekitaran yang serius (Prasad 2009). Konteks ini menerangkan pengurangan penggunaan baja kimia dengan peningkatan penggunaan baja organik dilihat sebagai jalan wajib untuk mengurangkan tekanan terhadap alam sekitar yang berpunca daripada sektor pertanian (Malusá et al. 2012).

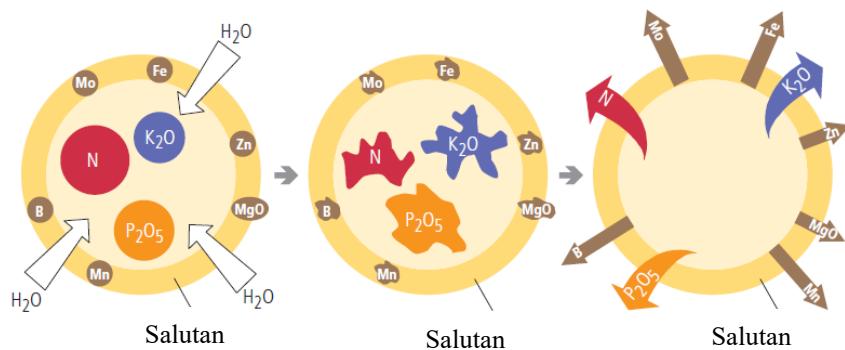
Nitrat dari sumber baja nitrogen dapat mencemarkan air bawah tanah dengan pencucian dan pengumpulan daripada kegiatan pertanian, yang boleh menyebabkan kesan serius dan segera terhadap kesihatan manusia kerana kemerosotan kualiti air minuman (Kumar et al. 2004). Pemenuhan N juga mencemarkan udara dan menimbulkan kesan atmosfera yang buruk dan pelepasan berbahaya, dengan masalah penyedutan dan iritasi kulit. Limbah fosforus menimbulkan fenomena eutrofikasi di dalam air tawar dan muara sungai, yang menyebabkan pertumbuhan mekar alga dan menyumbang kepada pelbagai masalah berkaitan air termasuk pembunuhan ikan musim panas, bau busuk, dan rasa yang tidak enak dalam air minuman. Penggunaan baja yang berlebihan dapat mempengaruhi kualiti tanah secara negatif melalui pengasidan, pencemaran organik berterusan, dan pengumpulan logam berat (Fertahi et al. 2021).

2.6 BAJA PELEPASAN PELAHAN

Matlamat penggunaan baja pelepasan perlahan adalah untuk memastikan tiada nutrien harus dihadkan untuk pengambilan tanaman, perlu ada peningkatan kecekapan penyerapan nutrien, dan potensi larut lesap nutrien harus dikurangkan. Baja pelepasan perlahan (SRFs) melibatkan pelepasan nutrien pada kadar yang lebih perlahan daripada biasa tetapi kadar, corak dan tempoh pelepasan tidak dikawal dengan baik (Trenkel 2010). Teknologi S/CRF diklasifikasikan mengikut mekanisme pelepasannya. Oleh itu, memahami mekanisme ini dari segi ketersediaan nutrien kepada tanaman Sasaran adalah penting untuk memilih bahan yang sesuai untuk penanaman. Kebanyakan SRF adalah berasaskan kimia yang hanya larut sedikit dalam air atau perlahan-lahan dipecahkan oleh tindakan mikrob (Neama'tu et al. 2015). Oleh itu, kadar pelepasan nutrien daripada SRF adalah berkaitan dengan keterlarutan air, penguraian mikrobiologi, dan hidrolisis kimia (Wang et al. 2021).

Faktor penting yang mempengaruhi penguraian dan hidrolisis ialah saiz zarah, suhu tanah, dan aktiviti mikrob. Saiz zarah berkaitan dengan peningkatan luas permukaan untuk penguraian kimia dan biologi dalam saiz zarah yang dikurangkan. Penguraian mikrobiologi adalah mekanisme utama pelepasan N, dengan karbon dalam polimer menyediakan tapak untuk aktiviti mikrobiologi (Mulbry et al. 2007). Faktor persekitaran yang mempengaruhi aktiviti mikrobiologi tanah juga mempengaruhi

ketersediaan N. Sebagai contoh, suhu tanah, kelembapan, pH, dan kandungan oksigen. Rajah 2.7 menunjukkan mekanisme baja pelepasan perlahan berdasarkan keterlarutan air. Mekanisme ini berlaku apabila air meresap masuk ke dalam salutan baja lalu meningkatkan tekanan osmotik lalu membuat kandungan nutrien keluar sedikit demi sedikit berdasarkan jumlah air.



Rajah 2.7 Mekanisme baja pelepasan perlahan berdasarkan keterlarutan air

Sumber: Trenkel 2010

Sebagai tambahan kepada persaingan antara tanah dan akar tumbuhan untuk mendapatkan nutrien yang tersedia dalam sistem tanah-tumbuhan, terdapat beberapa interaksi kompleks antara akar tumbuhan dan mikroorganisma tanah iaitu tindak balas kimia dan fizikal. Interaksi tersebut berlaku di dalam zarah tanah dan keadaan tanah yang kondusif dengan kehilangan nutrien tumbuhan yang mempengaruhi ketersediaan nutrien. Kebanyakan transformasi yang dilalui nutrien dalam larutan tanah adalah bergantung kepada kepekatan (Guo et al. 2005). Sebarang lebihan nutrien dalam tanah yang tidak diambil oleh tumbuhan boleh mengalami tiga jenis proses atau tindak balas yang mengurangkan ketersediaannya kepada tumbuhan (Wu et al. 2005). Tindak balas tersebut adalah mikrob, kimia dan fizikal. Jadual 2.10 menunjukkan contoh proses pengurangan nutrien yang berlaku ketika proses pertumbuhan tumbuhan.

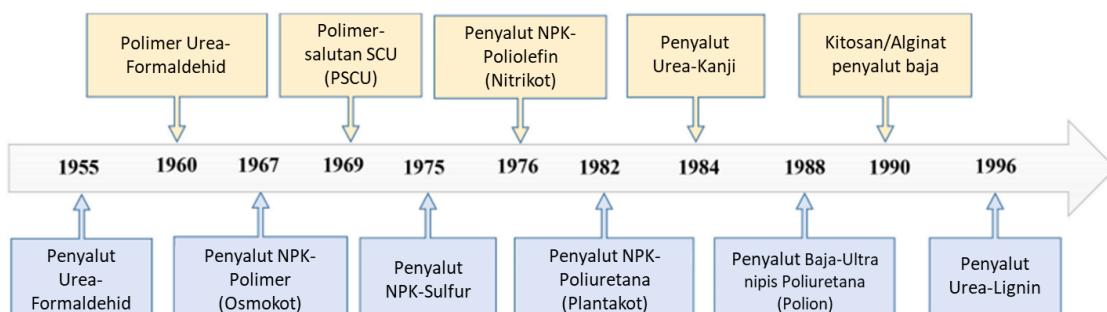
Jadual 2.10 Contoh bagi proses pengurangan nutrien

| Proses | Contoh |
|---------|---|
| Mikrob | Nitrifikasi Denitrifikasi Imobilisasi |
| Kimia | Pertukaran Penetapan Pemendakan Hidrolisis |
| Fizikal | Larut lesap Larian Pemeruapan |

Sumber: Wu et al 2005

2.6.1 Perkembangan dan Jenis-Jenis Baja Pelepasan Perlahan

Penggunaan pertama istilah SRF bermula pada tahun 1920, tetapi konsep SRF tidak diiktiraf dan tidak diterangkan sehingga tahun 1960 oleh Oertli dan Lunt, Woerther, White dan Hansen. Namun begitu, kebanyakan kemajuan dan perkembangan SRF berlaku pada tahun 1980 dan 1990 (Fertahi et al 2021). Rajah 2.8 menunjukkan perkembangan kronologi baja pelepasan perlahan dan kawalan.

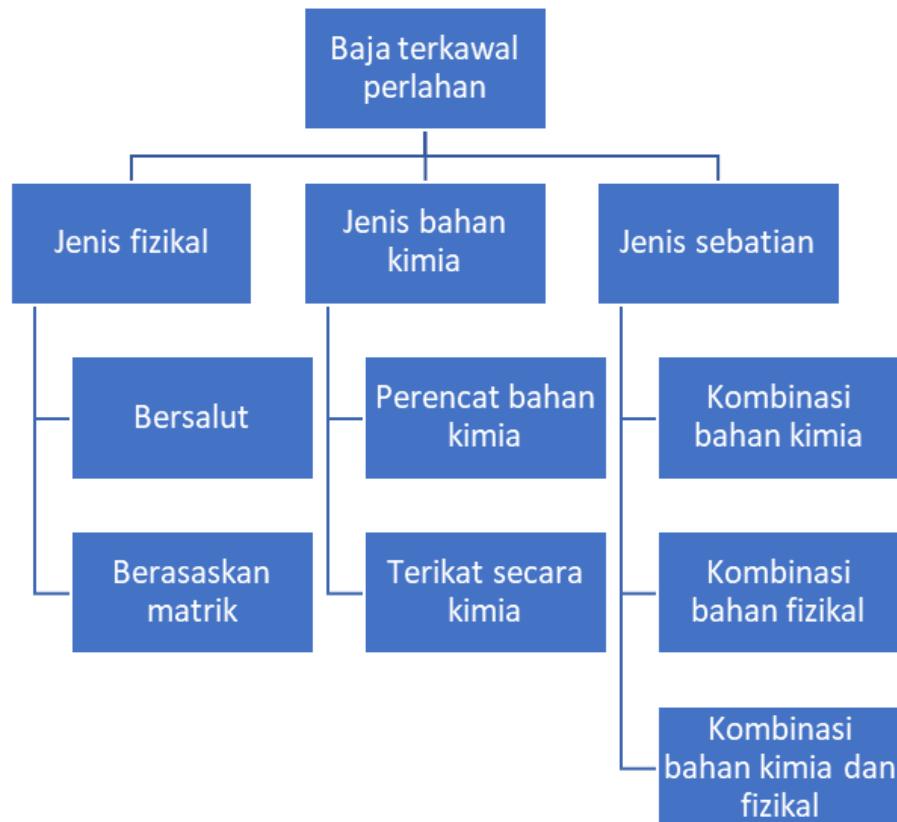


Rajah 2.8 Perkembangan kronologi baja perlepasan perlahan dan kawalan

Sumber: Fertahi et al. 2021

Walaupun terdapat peningkatan dalam perkembangan teknologi SRF, tipologi sistematik dan rangka kerja komprehensif untuk SRF masih belum ditentukan. Oleh itu, Fu et al. (2018) menyediakan rangka kerja klasifikasi yang lebih baik, yang mana elemen utama bagi SRF dibentangkan dalam Rajah 2.9. Rajah tersebut menunjukkan baja pelepasan perlahan dibahagikan kepada tiga bahagian berdasarkan prinsip kawalan pelepasan perlahan. Oleh itu, kaedah pengelasan yang lebih baik juga

berdasarkan prinsip pelepasan perlahan, yang dibahagikan kepada tiga jenis (Fu et al. 2018).



Rajah 2.9 Jenis-jenis baja terkawal perlahan

Source: Fu et al. 2018

Selain itu, jenis SRF juga akan mempunyai cara pelepasan nutrien yang berbeza berdasarkan prinsip yang digunakan. Ini dapat dilihat pada Jadual 2.11. Berdasarkan jadual tersebut terdapat 4 jenis klasifikasi bagi setiap baja pelepasan perlahan yang terdiri daripada mod pelepasan nutrien secara resapan, menghakis atau tindak balas kimia, pembengkakan dan osmosis (Fu et al. 2018). Mod pelepasan nutrien ini dipengaruhi oleh komposisi bahan baja pelepasan perlahan, proses pengeluaran dan ciri-ciri baja.

Jadual 2.11 Klasifikasi bagi baja pelepasan perlahan

| Asas Klasifikasi | Jenis 1 | Jenis 2 | Jenis 3 | Jenis 4 |
|---------------------------------------|----------------------------------|--|---|----------------|
| Prinsip Pelepasan Terkawal Perlahan | Fizikal | Kimia | Fizikal dan Kimia | |
| Mod Pelepasan Pelarutan | Bahan organik | Baja larut air dengan penghalang fizikal | Bahan bukan organik dengan keterlarutan sebatian yang rendah | |
| Kelas Unsur Nutrien | Unit | Variasi pelbagai | | |
| Mod Pelepasan Nutrien | Resapan | Menghakis atau Tindak balas kimia | Pembengkakan | Osmosis |
| Proses Pengeluaran dan Ciri-Ciri Baja | Bersalut (berbalut) | Perencat yang diubah suai | Sintesis kimia bagi bahan organik larut perlahan/nitrogen tidak organik | Bahan organik |
| Komposisi Kimia | Pempolimeran atau Kondensasi SRF | SRF berbalut | SRF bercampur | Penjerapan SRF |

Sumber: Fu et al. 2018

2.6.2 Jenis Perencat

Berdasarkan Fu et al 2018, penyelidik sebelum ini tidak membahagikan perencat ke dalam klasifikasi SRF. Ini kerana mereka pernah percaya bahawa perencat yang merupakan kesan sampingan menghalang aktiviti perencat dalam tanah tidak secara langsung menjaskan baja dengan sendirinya, tetapi pada masa ini perencat telah mengambil tempat dalam klasifikasi. Walaupun penyelidik yang berbeza mempunyai asas mereka sendiri untuk klasifikasi, Pembangunan perencat penitritan dan *urease* adalah sangat memakan masa dan mahal kerana produk ini mempunyai ciri khas. Perencat diperlukan bagi memastikan ketersediaan nutrien cukup. In kerana nutrien yang diperlukan tumbuhan tidak boleh diganti dengan nutrien lain.

a. Perencat penitritan

Perencat penitritan iaitu bahan yang merencat biologi pengoksidaan nitrogen ammonia kepada nitrogen nitrat. Perencat penitritan melambatkan pengoksidaan bakteria ion ammonia (NH_4) dengan menekan dalam tempoh masa tertentu (empat hingga sepuluh minggu) aktiviti bakteria *Nitrosomonas* di dalam tanah. Objektif penggunaan perencat

penitritan adalah untuk mengawal kehilangan nitrat dengan larut lesap atau penghasilan nitrus oksida (N_2O) melalui penyahtindahan daripada tanah atas dengan mengekalkan N dalam bentuk amonium lebih lama dan dengan itu meningkatkan kecekapan penggunaan N (Trenkel 2010).

b. Perencat *Urease*

Perencat *urease* iaitu bahan yang menghalang tindakan hidrolitik urea oleh enzim *urease* dalam sesuatu tempoh masa tertentu dengan perubahan amida-N dalam urea kepada ammonium hidroksida dan ammonium. Ini akan mengurangkan dan menghalang pemeruapan yang akan mengakibatkan kehilangan ammonia. Oleh itu, kecekapan urea dan baja N yang mengandungi urea, meningkat dan sebarang kesan buruk alam sekitar daripada penggunaannya berkurangan (Trenkel 2010).

2.6.3 Pencirian Baja Pelepasan Perlahan

Berdasarkan Trenkel (2010), terdapat beberapa kriteria kadar perlepasan nutrien bagi baja pelepasan perlahan iaitu:

1. Tidak lebih daripada 15%(m/m) dilepaskan dalam 24 jam.
2. Tidak lebih daripada 75%(m/m) dilepaskan dalam 28 jam.
3. Sekurang-kurangnya 75%(m/m) dilepaskan pada masa pelepasan yang dinyatakan.

2.6.4 Pemilihan Baja Pelepasan Perlahan

Berdasarkan *American Association of Plant Food Control Officials*, baja perlepasan perlahan boleh dibahagikan kepada 3 kumpulan iaitu rantai polimer pendek 2-4 urea unit per molekul, rantai pertengahan polimer 4-6 urea unit per molekul, dan rantai panjang polimer 6-8 urea unit per molekul (Rivera et al. 2021). Biobaja pelepasan perlahan mempunyai banyak kebaikan berbanding baja konvensional samada daripada segi persekitaran dan ekonomi. Biobaja pelepasan perlahan dapat memanjangkan masa dos antara membaja dan menghindarkan lepasan nutrien secara pantas. Biobaja pelepasan perlahan boleh disintesis melalui mikrokapsul atau kondensasi (Rivera et al.

2021). Jadual 2.12 menunjukkan jenis-jenis bahan yang boleh digunakan dalam penghasilan biobaja pelepasan perlahan.

Jadual 2.12 Jenis-jenis bahan bagi penghasilan biobaja pelepasan perlahan.

| Jenis Bahan | Contoh | Rujukan |
|---|---|--------------------|
| Pengeruaian mikrob sebatian keterlarutan rendah dengan struktur dan molekul kimia yang kompleks | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Urea-Formaldehid (UF) ▪ Isobutilidene Diurea ▪ Lignin + Urea-Formaldehid | Pang et al. (2018) |
| Penyalut fizikal | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Penyalut Sulfur-Urea (SCU) ▪ Lignin + Sulfur-Urea (SCU) ▪ Polimer Superabsorben | Pang et al. (2018) |
| Gabungan matriks | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Matriks berasaskan gel ▪ Hydrogel | Achilea (2021) |
| Nisbah permukaan kepada isipadu yang kecil | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Batang makanan tumbuhan. ▪ Briket ▪ Butiran | Trenkel (2010) |
| Bahan organik atau baja organik-mineral | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Daging ▪ Tulang ▪ Tanduk | Trenkel (2010) |
| Bahan tidak organik, logam ammonium fosfat, atau batuan fosfat berasid separa (PAPR) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Magnesium ammonia fosfat ($MGNH_4PO_4$) | Trenkel (2010) |

Antara bahan tersebut, hanya urea formaldehid (UF), dan lignin urea formaldehid hanya bukan sebatian kimia. Urea formaldehid mempunyai N-pembawa dengan jangka pelepasan N sehingga 3-4 bulan. Ia juga mempunyai lebih 60% N yang larut di dalam air sejuk (Achilea 2021). Produk bagi UF selalunya digunakan di dalam pertanian, padang golf, tanaman rumah, rumput dan landskap (Neama'ut et al. 2015). Seterusnya, UF mempunyai keterlarutan nitrogen terhadap air yang lebih rendah berbanding yang lain berdasarkan Jadual 2.13. Ini kerana UF mempunyai keterlarutan kerana mempunyai rantaian polimer yang pendek. Oleh itu, nutrien yang dilepaskan oleh UF lebih perlahan kerana salutan yang digunakan lambat terurai. Ini menjadikan UF lebih sesuai digunakan semasa pengkapsulan.

Jadual 2.13 Keterlarutan nitrogen terhadap air berdasarkan jenis kapsul

| Jenis Kapsul | Peratusan Nitrogen (%) | Keterlarutan Nitrogen Terhadap Air (%) |
|---------------------------|------------------------|--|
| Urea Formaldehid (UF) | 38 | 30 |
| Metelina Urea (MU) | 40 | 60 |
| Metelina Diurea (MDU) | 40 | 75 |
| Dimetelina Triurea (DMTU) | 40 | 75 |

Sumber: Morgan et al. (2009)

Selain itu, lignin merupakan bahan struktur sokongan dalam tisu tumbuhan. Berdasarkan (Hasnain et al. 2020), pertumbuhan tumbuhan di bumi boleh menghasilkan kira-kira 150 bilion tan lignin semula jadi setiap tahun, dan industri pulpa dan kertas menghasilkan kira-kira 50 juta tan lignin sebagai produk sampingan setiap tahun. Walau bagaimanapun, penggunaan lignin hanya kira-kira 5%, dan kebanyakannya akan dibakar atau dibuang terus hingga menyebabkan pencemaran alam sekitar dan pembaziran sumber (Prasad 2009). Oleh itu, penggunaan nutrien dalam biobaja pelepasan perlahan adalah jalan terbaik dalam sisa pengurusan lignin. Lignin akan bertindak sebagai pembawa nutrien yang bagus di dalam biobaja pelepasan perlahan (Chaudhary et al. 2020; Martínez et al. 2019).

Di samping itu, lignin mempunyai bahan pelopor humus tanah, yang boleh menghalang aktiviti urease tanah dan mengurangkan pelepasan nutrien. Sebagai baja pelepasan perlahan, lignin tidak toksik, mesra alam dan boleh terbiodegradasi. Lignin daripada perindustrian dapat dibahagikan kepada tiga berdasarkan cara pengekstrakan iaitu lignin pelarut organik (OSL), lignosulfonat (kaedah asid) dan lignin alkali (kaedah beralkali) (Chaudhary et al. 2020). Jadual 2.14 menunjukkan kadar pelepasan nutrien bagi jenis dan bahan yang berbeza dalam penghasilan baja pelepasan perlahan.

Jadual 2.14 Kadar pelepasan nutrien menggunakan kaedah yang berbeza

| Jenis Nutrien | Jenis Penyalut | Kadar Pelepasan Nutrien | Rujukan |
|--|--|--|--------------------------------|
| Tumbuhan laut: ▪ <i>Thalassia testudinum</i> (Thr) ▪ <i>Syringodium filiforme</i> (Sr) | Matriks urea-formaldehid | Selepas 30 hari: ▪ Kalium: 18-32% ▪ Nitrogen: 18-26% ▪ Fosforus: 12-20% | Rivera et al. (2021) |
| Mikroalga: ▪ <i>Chlorella sp</i> (CHLO) <i>Nannochloropsis sp</i> (NANNO) | Matriks urea-formaldehid polimer | Selepas 30 hari: ▪ Kalium: 46–50% ▪ Nitrogen: 26-48% Fosforus: 26-32% | González-Hurtado et al. (2021) |
| Sebatian organik: ▪ Urea | Hidrogel superabsorben (SAHs) | Selepas 30 hari: ▪ Urea: 58% | Ramli (2019) |
| Sebatian organik: ▪ Batu obsidian | Matriks obsidian terpolimer (SiO_2) | - | Solihin et al. (2019) |
| Sebatian bukan organik: Kalium difosfat K_2HPO_4 | Matriks urea-formaldehid-lignin | Selepas 21 hari: ▪ Kalium: 80.64% ▪ Nitrogen: 67.41% ▪ Fosforus: 85.34% | Pang et al. (2018) |
| Sebatian bukan organik: ▪ Leonardit ▪ Zeolit ▪ Ammonium fosfat ▪ Kalium klorida | | Selepas 1 jam: ▪ Kalium: 3.158% ▪ Nitrogen: 0.246% ▪ Fosforus: 0.3017% | Chawakitchareon et al. (2014) |
| Sebatian organik: Urea | Baja urea berkapsul membran pelepasan perlahan dengan penyerap super dan pemuliharaan kelembapan | Selepas 30 hari: Nitrogen: 61% | Guo et al. (2005) |

Berdasarkan Jadual 2.14, penggunaan matriks urea-formaldehid sebagai penyalut kepada nutrien bagi penghasilan baja pelepasan perlahan banyak digunakan kerana kaedahnya yang mudah digunakan. Kadar pelepasan nutrien yang baik dan teratur juga membuatkan matriks urea-formaldehid banyak diaplikasikan.

BAB III

BAHAN DAN KAEDEAH

3.1 PENGENALAN

Objektif kajian ini adalah untuk menentukan kandungan nutrien di dalam enapcemar akuakultur, untuk menghasilkan dan mencirikan biobaja pelepasan perlahan yang disintesis daripada enapcemar akuakultur, dan untuk menentukan kesan biobaja pelepasan perlahan terhadap pertumbuhan tumbuhan. Bahan dan radas yang digunakan adalah pepejal nutrien daripada enapcemar, urea, lignin, formaldehid, larutan natrium hidroksida (NaOH). Kaedah utama dalam uji kaji ini adalah pengekstrakan dan penyejatan pelarut bagi kaedah mikroenkapsulasi untuk penghasilan biobaja pelepasan perlahan (Rivera et al. 2021). Analisis yang akan digunakan adalah kromatografi ion bagi penentuan jumlah kandungan fosforus, kalium, dan nitrogen di dalam enapcemar dan biobaja pelepasan perlahan.

3.2 BAHAN DAN ALAT RADAS

Bahan yang digunakan di dalam kajian ini adalah urea, formaldehid, enapcemar akuakultur, natrium hidroksida, baja konvensional, tanah, dan pasir. Jadual 3.1 menunjukkan beberapa maklumat seperti jenama bahan yang digunakan bagi bahan di dalam kajian ini.

Jadual 3.1 Maklumat bagi bahan yang digunakan

| Bahan | Maklumat |
|----------------------|---|
| Urea | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Jenama: R&M Chemicals ▪ Reagen analisis ▪ MW: 60.06 |
| Formaldehid (37-40%) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Jenama: R&M Chemicals ▪ Kimia tulen ▪ MW: 30.03 |
| Natrium Hidroksida | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Jenama: R&M Chemicals ▪ Reagen analisis ▪ MW: 40.00 |
| Baja Konvensional | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Jenama: Framoc ▪ NPK (8:8:20) |
| Tanah | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sumber: Rumah Hijau Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) |
| Pasir | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sumber: Rumah Hijau Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) |

Sumber enapcemar diambil daripada Yusri Aqaculture Enterprise di Labu, Negeri Sembilan. Terdapat beberapa jenis ikan yang diternak disana iaitu ikan keli, ikan talapia, ikan puyu, ikan patin, ikan baung, ikan liko, ikan haruan, ikan jelawat, dan ikan lampam. Sumber enapcemar diambil daripada ternakan ikan talapia. Sebanyak 2 botol 25 L telah digunakan bagi mengambil enapcemar tersebut. Ciri-ciri enapcemar tersebut mempunyai nisbah 1:1 bagi kandungan enapcemar dan kandungan air di dalamnya. Pemerhatian mata kasar mendapati enapcemar tersebut sangat berkeladak yang bermaksud jumlah pepejal terampainya adalah tinggi. Jadual 3.2 menunjukkan maklumat yang digunakan dalam kajian ini.

Jadual 3.2 Maklumat bagi alatan yang digunakan.

| Alatan | Maklumat |
|-------------------------------|---|
| Pengisar Serbuk Elektrik | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Model: DE-2008 ▪ Jenama: Vevor ▪ Negara: Guangzho, China |
| Penimbang Analisis | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Model: XB 220A ▪ Jenama: Precisa ▪ Negara: Dietikon, Switzerland |
| Penggoncang Berbilang Pemutar | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Model: Multi RS-60 ▪ Jenama: Biosan ▪ Negara: Riga, Ltvia |
| Mesin Emparan | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Model: Centrifuge 5810 ▪ Jenama: Eppendorf ▪ Negara: Hamburf, Germany |
| Penapis Vakum | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Model: DOA-P504-BN (GAST) ▪ Company: GAST ▪ Negara: Houston, Texas |
| Meter pH Mudah alih | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Model: HQ11d ▪ Jenama: HACH ▪ Negara: Colorado, AS |
| Kromatografi Ion | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Model: 882 Compact IC Plus ▪ Jenama: Metrohm ▪ Negara: Herisau, Switzerland ▪ Lajur Analisis: Metrosep C 4 100/4.0 ▪ Jenis Eluen Anion: 4.0 mmol/L asid tartarik dan 0.75 mmol/L asid dipikolonik (0.90 mL/min) ▪ Jenis Eluen Kation: 3.2 mmol/L Na₂CO₃ dan 1.0 mmol/L NaHCO₃ (0.70 mL/min) ▪ Jenis Pengesanan: konduktiviti |
| Pengacau Plat Pemanas | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Model: P22008 ▪ Jenama: Favorit ▪ Negara: Selangor, Malaysia |

3.3 PENYEDIAAN PENCIRIAN SAMPEL

Pencirian sampel akan menggunakan kromatografi ion (IC). Fungsi IC adalah teknik yang umum digunakan untuk menganalisis ion-ion di dalam sampel termasuk nutrien penting iaitu makronutrien dan mikronutrien seperti nitrogen, fosforus, dan kalium yang hadir di dalam sampel. Sampel akan diasingkan kepada dua bahagian iaitu anion dan kation. Anion digunakan bagi menentukan kepekatan (PPM) nitrat (NO₃⁻), (NO₂⁻), dan fosforus (P), manakala kation digunakan dalam menentukan ammonium (NH₄⁺), dan kalium (K) (Bommarito et al. 2007). Sampel yang akan dicirikan adalah

enapcemar akuakultur, urea, baja konvensional, biobaja pelepasan perlahan, pasir, dan tanah.

3.3.1 Penyediaan Pencirian Enapcemar Akuakultur

Enapcemar akuakultur akan diasingkan terlebih dahulu menggunakan kaedah pemendapan selama 5 hari. Lebih air daripada proses pemendapan enapcemar akuakultur akan dibuang lalu enapcemar akan dikeringkan selama seminggu sehingga kering sepenuhnya. Selepas itu, pepejal enapcemar akan dihancurkan menggunakan pengisar serbuk elektrik sehingga menjadi dalam bentuk serbuk. Nisbah 1:10, enapcemar (4 g) kepada air ternyahion (40 mL) akan digunakan dalam proses melarutkan enapcemar di dalam air bagi penyediaan sampel. Sampel akan dimasukkan tiub empar lalu penggoncang berbilang pemutar pada 60 rpm selama sejam (Hoskins et al. 2009). Seterusnya, tiub empar dimasukkan ke dalam pengempar pada 4000 rpm selama 10 min. Kemudian, sampel akan menjadi proses pemisahan antara pepejal dan cecair menggunakan penapis vakum. Cecair yang diasingkan akan dimasukkan ke dalam 10 mL kromatografi ion tiub bagi setiap anion dan kation sampel. Sampel dianalisis menggunakan kromatografi ion.

3.3.2 Penyediaan Pencirian

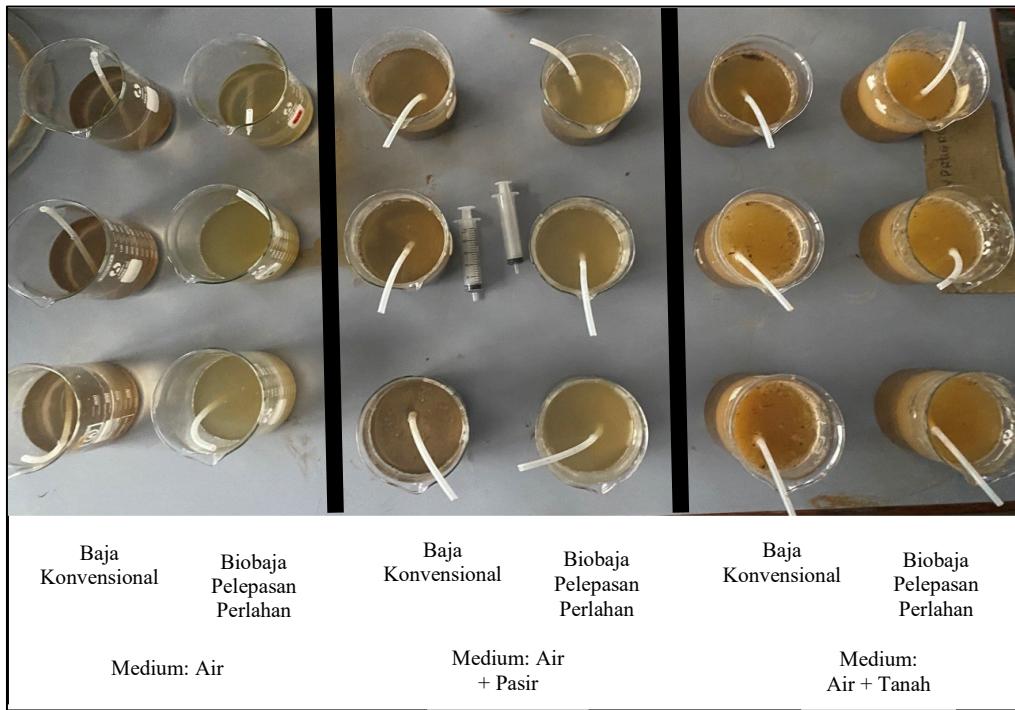
Nisbah 1:10 digunakan dengan urea (4 g) kepada air ternyahion (40 mL) digunakan dalam proses melarutkan urea di dalam air bagi penyediaan sampel. Sampel akan dimasukkan tiub empar lalu penggoncang berbilang pemutar (pada 60 rpm selama sejam (Hoskins et al. 2009) Seterusnya, tiub empar dimasukkan ke dalam pengempar pada 4000 rpm selama 10 min. Kemudian, sampel akan menjadi proses pemisahan antara pepejal dan cecair menggunakan penapis vakum. Cecair yang diasingkan akan dimasukkan ke dalam 10 mL kromatografi ion tiub bagi setiap anion dan kation sampel. Sampel dianalisis menggunakan kromatografi ion. Langkah ini diulang dengan penyediaan pencirian baja kimia, biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan, pasir, dan tanah.

3.4 PENGHASILAN BIOBAJA PELEPASAN PERLAHAN

50 ml air suling diukur dan 10 g urea ditimbang lalu dimasukkan ke dalam bikar berkapasiti 250 mL. Seterusnya, campuran di dalam bikar dipanaskan pada suhu 27 °C selama 10 min dan pada kelajuan 80 rpm dengan menggunakan pengacau magnet. Seterusnya, 6.5 g formaldehid dan 50 mL air suling dimasukkan ke dalam bikar dan dipanaskan pada suhu 60°C selama 2 jam dan pada kelajuan 80 rpm. Selepas itu, 10 g enapcemar akuakultur dicampurkan di dalam bikar tersebut secara perlahan-lahan dan dipanaskan pada suhu 27°C selama 10 min dan pada kelajuan 80 rpm. Setelah itu, pH sampel akan dianalisis bagi memastikan pada julat 7-8. Jika tidak mencapai pH masukkan beberapa titik 4%(m/m) larutan NaOH atau air suling dimasukkan ke dalam campuran tersebut selama 10 min bagi 80 °C dan 80 rpm. Akhir sekali, campuran tersebut akan dikeringkan di dalam ketuhar pada suhu 35°C sehingga berat sekata tercapai (González-Hurtado et al. 2021; Martínez et al. 2019; Pang et al. 2018).

3.5 PENENTUAN KADAR PELEPASAN BIOBAJA PELEPASAN PERLAHAN

Pencirian dilakukan bagi mengetahui kadar pelepasan kandungan nutrien di dalam biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional. Pencirian enapcemar dilakukan terlebih dahulu sebelum sintesis biobaja pelepasan perlahan dijalankan. Bagi penentuan dan pencirian biobaja pelepasan perlahan, kaedah penentuan kadar pelepasan nitrogen, fosforus dan kalium akan menggunakan medium berlainan iaitu air, tanah dan pasir. Susunan ujikaji dapat dilihat pada Rajah 3.1.



Rajah 3.1 Susunan ujikaji bagi pencirian kadar pelepasan perlahan dan baja konvensional.

3.5.1 Pencirian Biobaja Pelepasan Perlahan di dalam Air

15 g biobaja pelepasan perlahan akan direndam di dalam 600 mL air pada suhu bilik (28°C). Analisis akan dijalankan selama 4 minggu bagi melihat kadar peratusan nutrien yang dilepaskan. Sampel akan diambil setiap 2 hari selama 2 minggu. Sampel akan dihantar ke makmal bagi menentukan kandungan nitrogen, kalium, dan fosforus (Rivera et al. 2021). Kandungan nitrogen, fosforus, dan kalium akan ditentukan menggunakan kromatografi ion. Langkah ini akan diulang dengan menggunakan baja kimia dengan menggantikan biobaja pelepasan perlahan.

3.5.2 Pencirian Biobaja Pelepasan Perlahan di dalam Tanah

15 g biobaja pelepasan perlahan akan dicampurkan dengan 600 g tanah (diameter bawah 2 mm) dan disimpan di dalam bikar 1000 mL yang bertutup selama 2 minggu pada suhu bilik (28°C). Seterusnya, 600 mL air suling ditambahkan pada bikar. 600 g tanah akan diasingkan sebagai sampel kawalan. Sampel akan diambil setiap 2 hari selama 2 minggu. Sampel akan dihantar ke makmal bagi menentukan kandungan nitrogen, kalium, dan fosforus. Kandungan nitrogen, fosforus, dan kalium akan

ditentukan menggunakan kromatografi ion. Langkah ini akan diulang dengan menggunakan baja kimia dengan menggantikan biobaja pelepasan perlahan (Martínez et al. 2019).

3.5.3 Pencirian Biobaja Pelepasan Perlahan di dalam Pasir

15 g biobaja pelepasan perlahan akan dicampurkan dengan 600 g pasir (diameter bawah 2 mm) dan disimpan di dalam bikar 1000 mL yang bertutup selama 4 minggu pada suhu bilik (28°C). Seterusnya, 600 mL air suling ditambahkan pada bikar. 600 g pasir akan diasinkan sebagai sampel kawalan. Pada dua minggu pertama, setiap 2 hari sampel akan diambil dan selepas itu sampel hanya diambil seminggu sekali sahaja. Sampel sebelum dan selepas penanaman di dalam tanah akan dihantar ke makmal bagi menentukan kandungan nitrogen, kalium, dan fosforus. Kandungan nitrogen, fosforus, dan kalium akan ditentukan menggunakan kromatografi ion. Langkah ini akan diulang dengan menggunakan baja kimia dengan menggantikan biobaja pelepasan perlahan (Martínez et al. 2019).

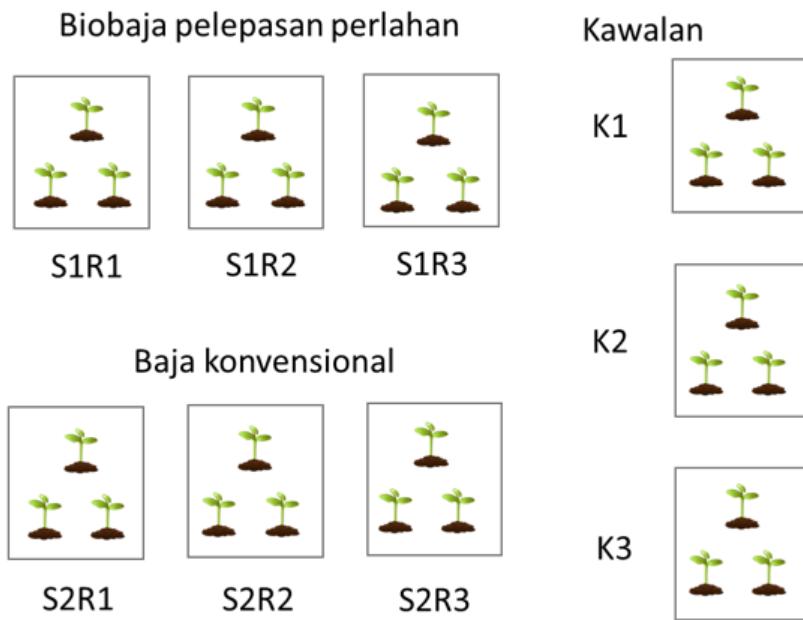
3.6 KADAR RELATIF PERTUMBUHAN

Menentukan kadar pertumbuhan relatif tumbuhan berdasarkan jenis biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional dengan menggunakan medium tanah. Eksperimen lapangan dilakukan di dalam Rumah Hijau, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) pada tahun 2023 dengan tempoh eksperimen (Mei hingga Julai). Eksperimen dimulakan dengan semai anak benih kacang bendi yang berjenama Grabbit selama seminggu di dalam kapas bercampur air. Selepas itu, anak benih kacang bendi akan dipindahkan ke dalam tapak semai yang berisi tanah kebun dengan kepekatan 0.50% (w/w) nitrogen, 0.40% (w/w) fosforus, dan 0.50% (w/w) kalium. Tanah kebun dibeli daripada Kean Beng Lee Industries (M) Sdn. Bhd. Rajah 3.2 menunjukkan anak benih bendi yang disemai.



Rajah 3.2 Tapak semaian dengan anak benih bendi

Pokok bendi daripada tapak semaian akan dipindahkan ke dalam tapak lebih besar yang berisi tanah daripada rumah tumbuhan. Kajian ini menggunakan medium tanah sebagai pemboleh yang dimalarkan. Terdapat sembilan tapak yang akan digunakan bagi pemboleh dimanipulasi iaitu tiga bagi biobaja pelepasan perlahan, tiga bagi baja konvensional, dan tiga bagi kawalan. Jumlah nutrien baja yang digunakan bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional adalah sama iaitu 10 g biobaja pelepasan perlahan dan 2 g baja konvensional. Setiap tapak akan mempunyai tiga pokok sahaja bagi memastikan tumbuhan dapat hidup dengan sihat dan kurang persaingan (Rahman 2016). Pemerhatian terhadap pokok bendi akan diperhatikan pada setai hari pada minggu pertama dan seminggu sekali pada minggu berikutnya selama sebulan. Berat basah dan kering pokok akan diambil sebanyak lima kali sepanjang tempoh ujikaji dijalankan bagi biobaja pelepasan perlahan, baja konvensional, dan kawalan. Pokok bendi akan diambil secara daripada tiga tapak yang disediakan. Susunan tumbuhan dapat dilihat pada Rajah 3.3.



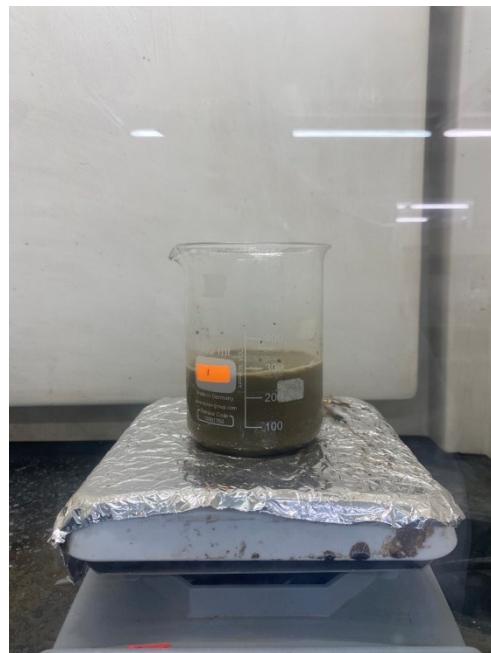
Rajah 3.3 Susunan tumbuhan bagi pemerhatian dan kadar relatif tumbuhan.
(S1= baja biobaja pelepasan, S2= baja konvensional, K= kawalan)

3.7 ANALISIS STATISTIK DATA

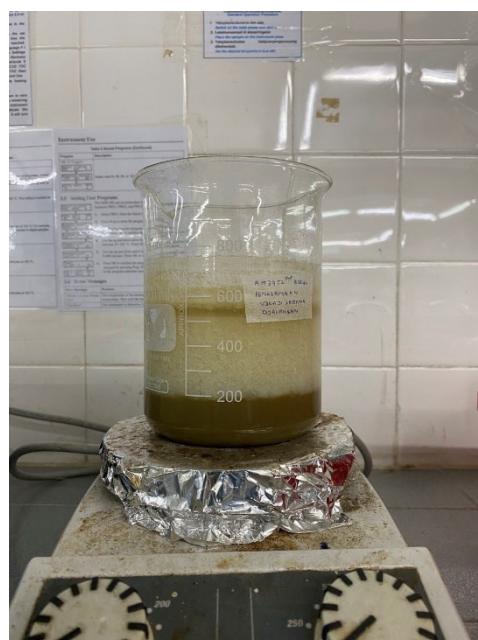
Analisis yang dijalankan adalah kehadiran makronutrien dan mikronutrien di dalam tanah serta biobaja pelepasan perlahan yang disintesis. Analisis kadar pelepasan nitrogen, kalium dan fosfor dilakukan bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional. Seterusnya, pemerhatian terhadap ketinggian dan kadar relatif pertumbuhan tumbuhan yang menggunakan biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional dilakukan. Semua analisis yang dilakukan mempunyai tiga replikat bagi memastikan data yang didapati lebih jitu.

3.7.1 Penghasilan Biobaja Pelepasan Perlahan

Pemerhatian di lakukan semasa penghasilan biobaja pelepasan perlahan dihasilkan. Terdapat dua jenis biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan jika parameter yang digunakan dikawal dengan baik. Rajah 3.4 dan Rajah 3.5 menunjukkan keadaan biobaja pelepasan perlahan yang homogen dan tidak homogen.



Rajah 3.4 Biobaja pelepasan perlahan yang homogen



Rajah 3.5 Biobaja pelepasan perlahan yang tidak homogen

Rumusan ialah parameter utama yang mengawal kadar pelepasan nutrien. Ia bergantung kepada komponen dan keserasiannya, sifat hidrofilik atau hidrofobiknya, dan kepekatananya (Fertahi et al. 2021). Perkembangan polimer rantai pendek atau panjang bergantung kepada keadaan yang ditetapkan untuk sintesisnya, seperti pH, suhu, masa tindak balas, nisbah urea/formaldehid, pencairan dan penambahan mangkin (Rivera et al. 2021). Sifat hidrofobik/hidrofilik rumusan yang digunakan

dalam penyediaan salutan adalah parameter penting untuk kadar pelepasan nutrien. Apabila bahan salutan adalah hidrofobik, interaksi antara lapisan dan air adalah lemah. Kekurangan interaksi ini menghalang penembusan kuantiti air yang banyak ke dalam teras baja dan ia mengurangkan pelarutan (Fertahi et al., 2021). Jadi urea-formaldehid sesuai digunakan sebagai salutan tetapi parameter seperti suhu harus dikawal bagi memastikan larutan yang dihasilkan adalah homogen.

Keserasian antara komponen mempengaruhi kualiti pembentuk lapisan. Sekiranya komponen tidak serasi, dua atau lebih fasa boleh timbul pada lapisan yang sama, yang akan menghasilkan filem yang tidak homogen yang dapat menunjukkan retakan. Dalam kebanyakan formulasi lapisan; plastik agen, pemaut silang, atau penyerasi ditambahkan untuk meningkatkan sifat mekanikal dan lekatan membran polimer. Apabila sifat ini mencukupi, cangkerang dapat menahan tekanan dalaman yang bersentuhan dengan air, dan nutrien kemudian dilepaskan perlahan tanpa menghancurkan cengkerang (Fertahi et al., 2021)

3.7.2 Kandungan Makronutrien dan Mikronutrien

Selepas di analisis, jumlah kandungan nitrogen, fosforus, dan kalium di dalam enapcemar diplotkan lalu dibandingkan dengan urea, baja konvensional, biobaja pelepasan perlahan, pasir, dan tanah. Graf akan diplotkan berdasarkan kepakatan kandungan melawan jenis nutrien.

3.7.3 Penentuan Biobaja Pelepasan Perlahan di dalam Air

Analisis akan dijalankan antara biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional di dalam air, pasir, dan tanah. Kepekatan bagi nitrit, nitrat, fosforus, ammonium, dan kalium akan ditentukan berdasarkan analisis menggunakan kromatografi ion. Graf kepakatan nutrien melawan tempoh masa akan diplotkan bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional. Keadaan nutrien yang malam akan ditentukan berdasarkan graf yang diplotkan bagi menunjukkan jumlah nutrien yang telah dilepaskan.

3.7.4 Pemerhatian Terhadap Tumbuhan

Masa semaian bendi dengan jumlah nutrien baja yang sama digunakan akan diukur bagi tempoh masa sebulan. Pemerhatian dilakukan setiap seminggu selama sebulan.

3.7.5 Kadar Relatif Pertumbuhan Terhadap Tumbuhan

Analisis pertumbuhan adalah alat analisis yang banyak digunakan untuk mencirikan pertumbuhan tanaman. Dari parameter biasanya dikira, yang paling penting adalah pertumbuhan relatif. Kadar relatif pertumbuhan akan dikira berdasarkan (Hoffmann & Poorter 2002) seperti yang ditunjukkan pada Rumus (3.1).

Rumus (3.1) akan digunakan iaitu:

$$r = \frac{\ln(W_2) - \ln(W_1)}{t_2 - t_1} \quad (3.1)$$

Dimana,

r = kadar relatif pertumbuhan (g/hari)

W_1 = berat kering tumbuhan (awal) (g)

W_2 = berat kering tumbuhan (akhir) (g)

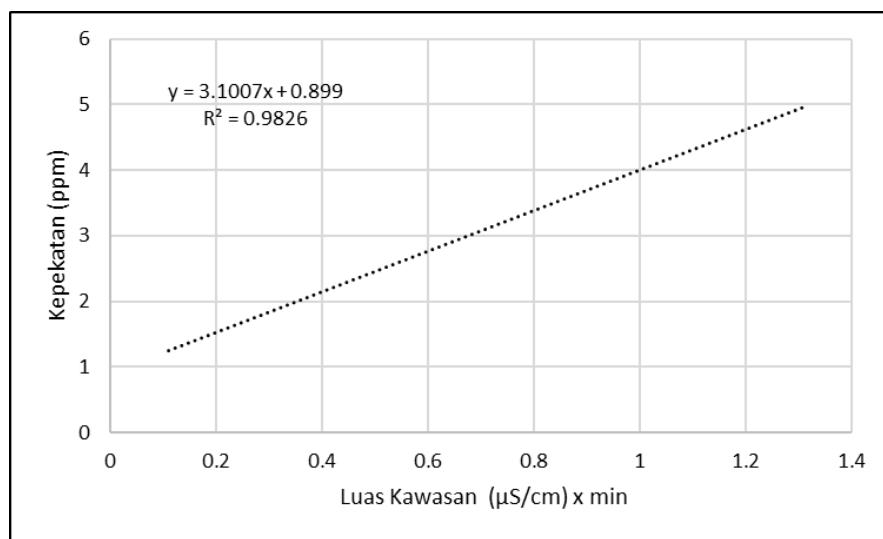
t_1 = masa mula tumbuhan (hari)

t_2 = masa tumbuhan diambil (hari)

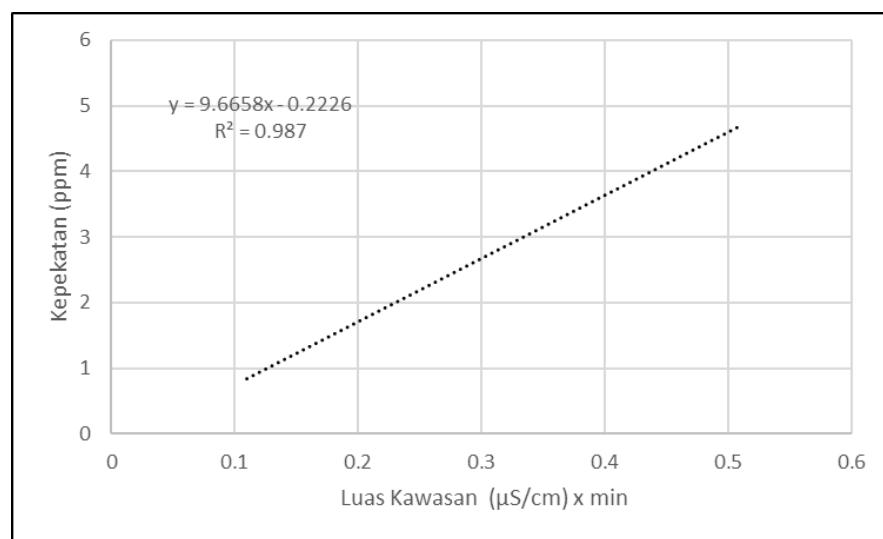
Graf antara ketinggian, bilangan daun, dan berat kering tumbuhan melawan hari akan diplotkan. Graf yang diplotkan akan berdasarkan jenis sampel yang digunakan iaitu biobaja pelepasan perlahan, baja konvensional, dan kawalan.

3.8 LENGKUNG PENENTUKURAN

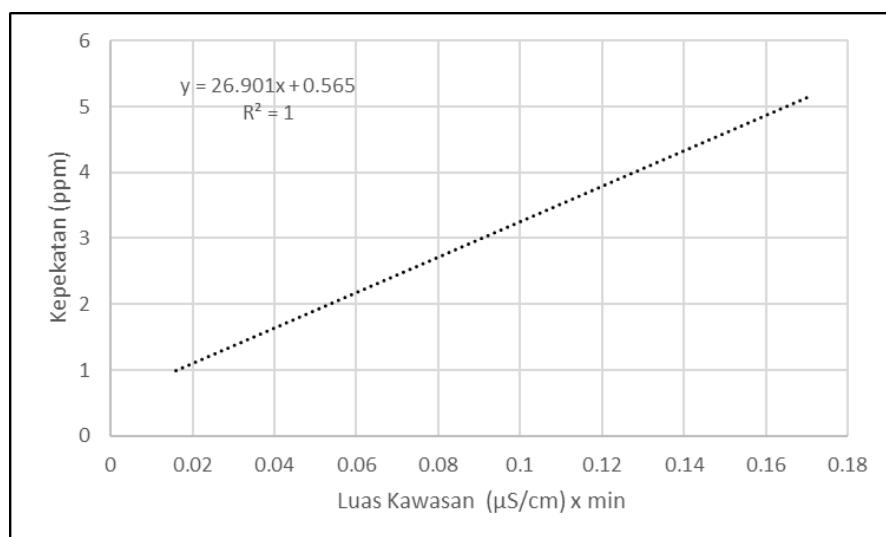
Kromatografi ion digunakan dalam analisis ujikaji ini. Graf lengkung penentukuran diplotkan bagi melihat kejituhan alatan yang digunakan iaitu kromatografi ion (Muntean et al. 2019). Standard 1 ppm, 2 ppm, dan 5 ppm digunakan dalam kalibrasi penentukan ini. Rajah 3.6, Rajah 3.7, Rajah 3.8, Rajah 3.9, dan Rajah 3.10 menunjukkan lengkung penentukan bagi nitrit, nitrat, fosforus, ammonium, dan kalium.



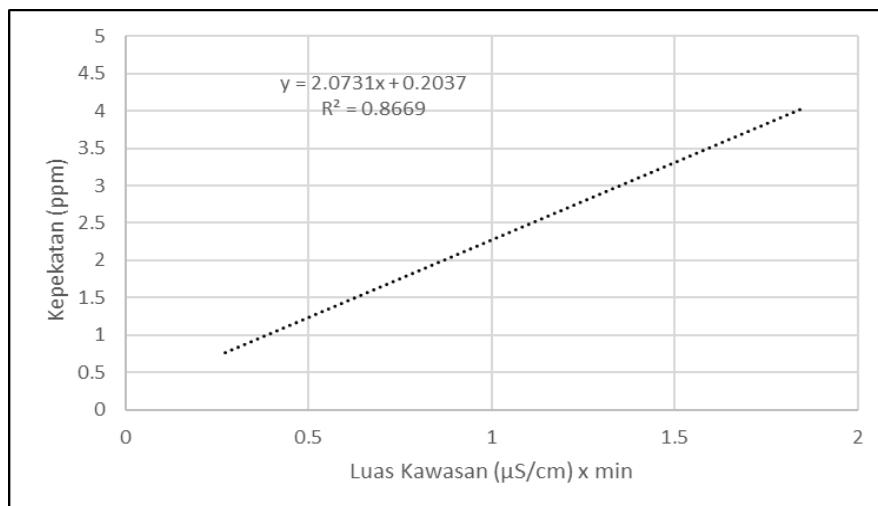
Rajah 3.6 Lengkung penentukuran bagi nitrit



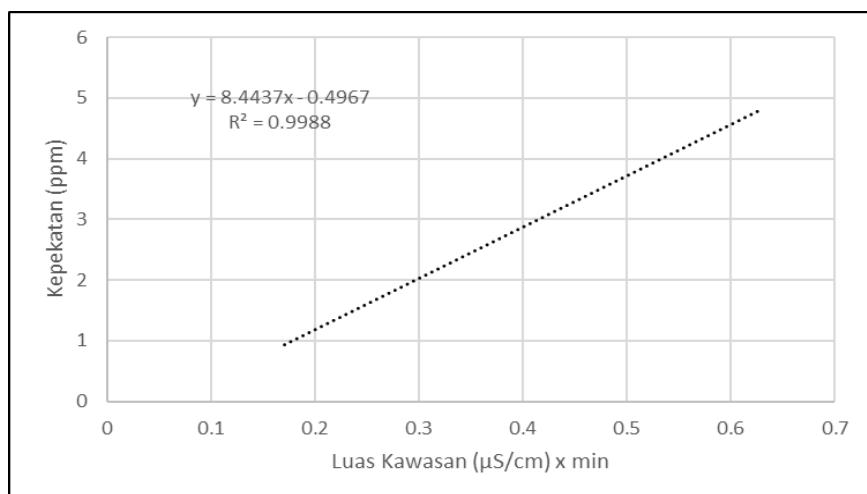
Rajah 3.7 Lengkung penentukuran bagi nitrat



Rajah 3.8 Lengkung penentukuran bagi fosforus



Rajah 3.9 Lengkung penentukuran bagi ammonium



Rajah 3.10 Lengkung penentukuran bagi kalium

R^2 dalam persamaan graf dalam Excel ialah pekali penentuan. Ia adalah ukuran sejauh mana garis regresi linear sesuai dengan set titik data. Semakin hampir R^2 dengan 1, semakin bagus data yang didapati. Berdasarkan rajah di atas, di dapati hampir kesemua lengkung penentuan mempunyai nilai pekali penentuan hampir dengan nilai 1 kecuali ammonium. Ini akan membuatkan data bagi ammonium sedikit lari dan tidak jitu.

3.9 PENILAIAN RISIKO DAN PELEPASAN SISA

Penilaian risiko dan pelepasan sisa dilakukan memastikan keselamatan semasa menjalankan uji kaji dan uji kaji yang dijalankan tidak mencemarkan alam sekitar atau boleh dirawat dengan baik. Jadual 3.3 menunjukkan risiko dan keadaan setiap bahan yang digunakan.

Jadual 3.3 Penilaian risiko dan pelepasan sisa

| Parameter | Urea | Formaldehid | Natrium Hidroksida, NaOH |
|------------------------------|----------------------------|---|---|
| Kereaktifan | Risiko letupan habuk | Menghakis | Mungkin menghakis kepada logam. Reaktif bile bertindak balas dengan acid. |
| Kestabilan kimia | Stabil di bawah suhu bilik | Stabil tanpa ketidaaan air. Jika ada ia akan oksida kepada asid formik. | Tidak stabil apabila didedahkan pada udara. Higroskopik |
| Situasi yang perlu dielakkan | Pemanasan yang melampau | Elakkan dari menyentuh | Kelembapan |
| Ketoksikan | 8471 mg/kg | Toksik. Racun tidak berwarna | Toksik |
| Rujukan | Supelco (2013) | Sigma-Aldrich (2022) | Lab Chem (2012) |

BAB IV

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

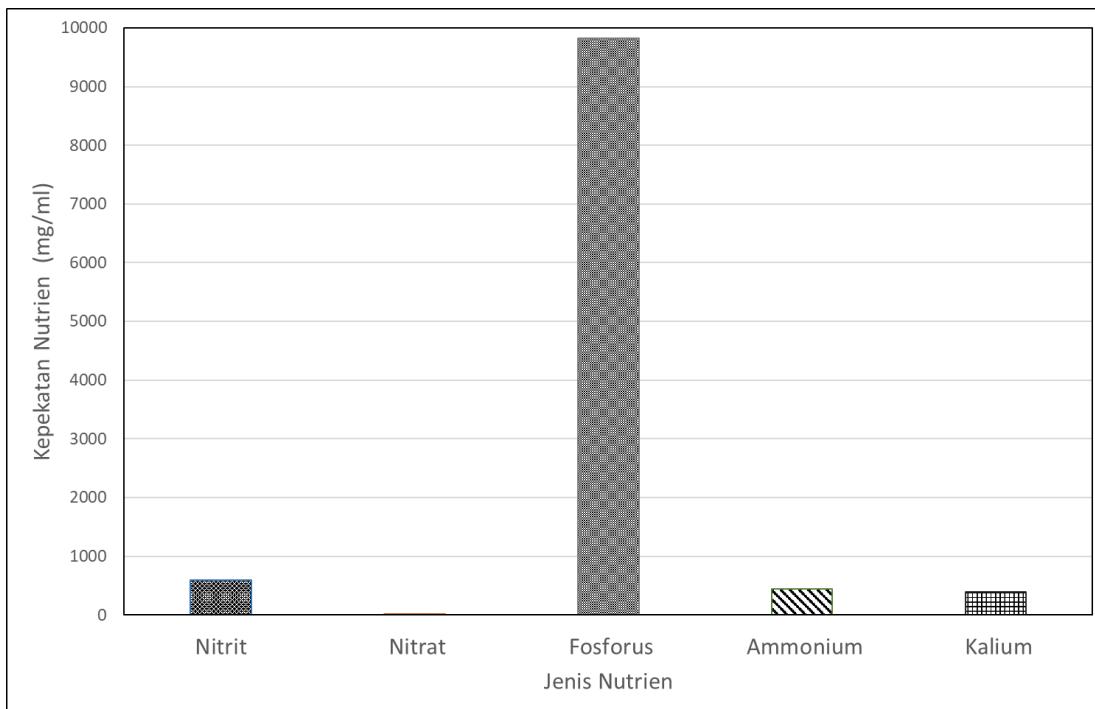
4.1 PENGENALAN

Keputusan dan perbincangan kajian dibincangkan bagi memenuhi objektif kajian. Antara keputusan yang didapati adalah pencirian enapcemar akuakultur, perbandingan antara bahan yang digunakan, penentuan kadar pelepasan nutrien bagi tiga jenis medium iaitu air, pasir, dan tanah, dan kadar relatif pertumbuhan tumbuhan.

4.2 PENCIRIAN ENAPCEMAR AKUAKUKTUR

Pencirian telah di lakukan menggunakan kromatografi ion bagi mengenal pasti kehadiran nitrit, nitrat, ammonium, fosforus, dan kalium di dalam enapcemar akuakultur. Rajah 4.1 menunjukkan graf bagi nutrien di dalam enapcemar akuakultur.

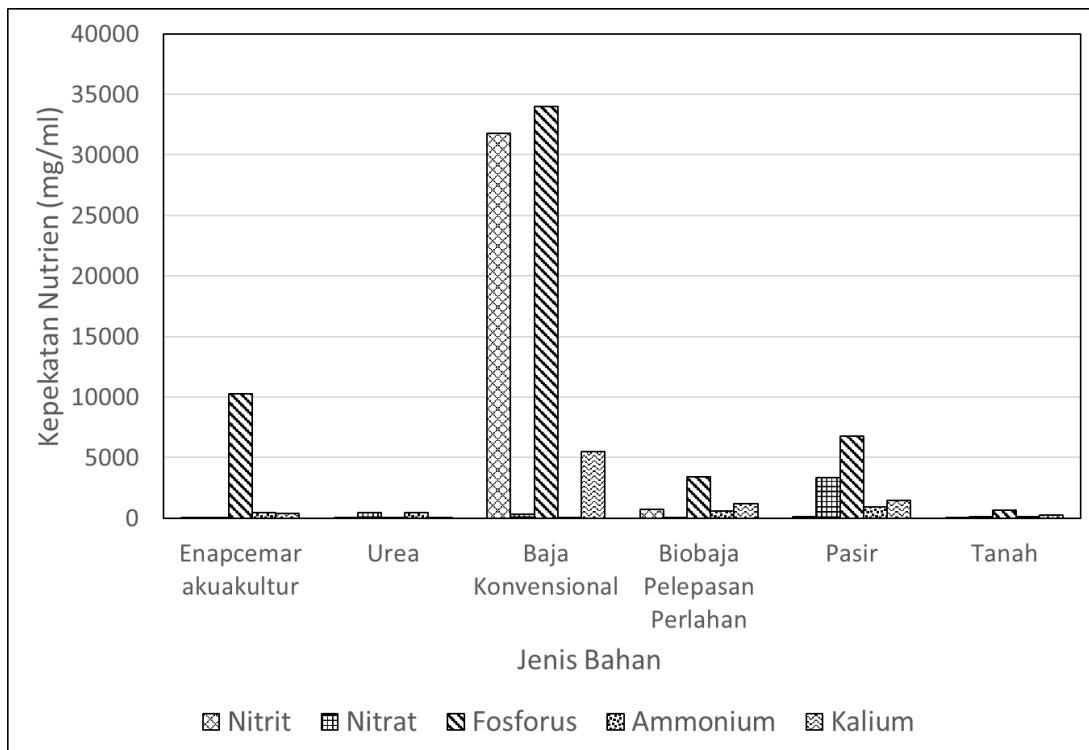
Berdasarkan Rajah 4.1, nitrit, nitrat, dan ammonium mewakili kandungan nitrogen di dalam enapcemar akuakultur. Berdasarkan keputusan yang didapati, enapcemar akuakultur mempunyai kepekatan fosforus yang paling tinggi iaitu 87% berbanding dengan yang lain dan diikuti oleh nitrit, ammonium, dan kalium sebanyak 5%, 4%, dan 4%. Kepekatan fosforus, ammonium, kalium, nitrit, dan nitrat yang didapati daripada 4 g enapcemar akuakultur adalah 9820 mg/ml, 592.8 mg/ml, 439.8 mg/ml, 396.7 mg/ml, dan 11.4 mg/ml.



Rajah 4.1 Kepekatan nutrien di dalam enapcemar akuakultur.

Berdasarkan Alnawajha et al. (2022) dan (Zhang et al. 2021), fosforus mempunyai kepekatan nutrien yang lebih berbanding dengan yang lain dan diikuti nitrogen. Walaubagaimanapun (Pillay 2004), menunjukkan kandungan nitrogen lebih tinggi berbanding dengan fosforus dengan 4 kali ganda. Kepekatan kandungan nutrien di dalam akuakultur di pengaruhi oleh jenis haiwan ternakan, keadaan ekosistem akuakultur, komposisi makanan ikan, dan hasil metabolisme. Sebagai contoh, kandungan fosforus boleh berubah dari semasa ke semasa seperti pada minggu pertama kandungan fosforus adalah 1.7% dan minggu kedua menjadi <1.0% (Pillay 2004). Ini menunjukkan penggunaan sumber yang sama juga akan menghasilkan jumlah nutrien yang berbeza.

Seterusnya, bahan-bahan yang digunakan dalam penghasilan biobaja pelepasan perlahan serta analisis telah dicirikan. Ini bagi membezakan kandungan nutrien bagi setiap bahan yang digunakan dan membuktikan nutrien di dalam enapcemar akuakultur boleh digunakan dalam penghasilan biobaja pelepasan perlahan. Rajah 4.2 menunjukkan perbezaan kepekatan nutrien bagi enapcemar akuakultur, urea, baja konvensional, biobaja pelepasan perlahan, pasir, dan tanah.



Rajah 4.2 Perbezaan kepekatan nutrien

Daripada Rajah 4.2, kandungan nutrien di dalam baja konvensional mempunyai adalah paling tinggi berbanding dengan bahan lain bagi nitrit dan fosforus tetapi tiada kandungan nitrat yang dapat dikesan. Selain itu, bagi kandungan nitrat, pasir mempunyai kepekatan yang paling tinggi bagi 4 g sampel yang dicirikan. Berdasarkan data yang didapati, dapat dilihat bahawa kandungan nutrien bagi pasir melebihi tanah. Sebagai contoh, kepekatan fosforus pada pasir adalah 6796 mg/ml tetapi pada tanah adalah 657 mg/ml. Perkara ini terjadi kerana pasir yang diambil adalah dari Rumah Hijau, Universiti Kebangsaan Malaysia. Rumah Hijau tersebut adalah tempat para pelajar melakukan kajian. Terdapat kemungkinan pasir yang diambil telah dicampur oleh nutrien lain semasa digunakan oleh pelajar yang lain.

Seterusnya, enapcemar akuakultur mempunyai kepekatan nitrit yang lebih tinggi berbanding urea iaitu 59 mg/ml bagi enapcemar dan 13 mg/ml bagi urea. Kepekatan fosforus juga tinggi di dalam enapcemar akuakultur iaitu 10290 mg/ml berbanding urea iaitu 7 mg/ml. Oleh itu, penghasilan biobaja pelepasan perlahan tidak memberikan kesan yang besar kepada nutrien digunakan kerana nutrien di dalam enapcemar akuakultur lebih tinggi berbanding urea.

Daripada Rajah 4.2, baja konvensional mempunyai kepekatan fosforus dan nitrit yang paling tinggi antara semuanya. Jika dilihat berlakunya penurunan fosforus apabila biobaja pelepasan perlahan dihasilkan walaupun menggunakan jumlah yang sama semasa dicirikan. Ini kerana berlakunya pencairan semasa proses penghasilan biobaja pelepasan perlahan dan nutrien di dalam enapcemar boleh berubah berdasarkan jenis ikan serta hari enapcemar yang diambil (Pillay 2004)

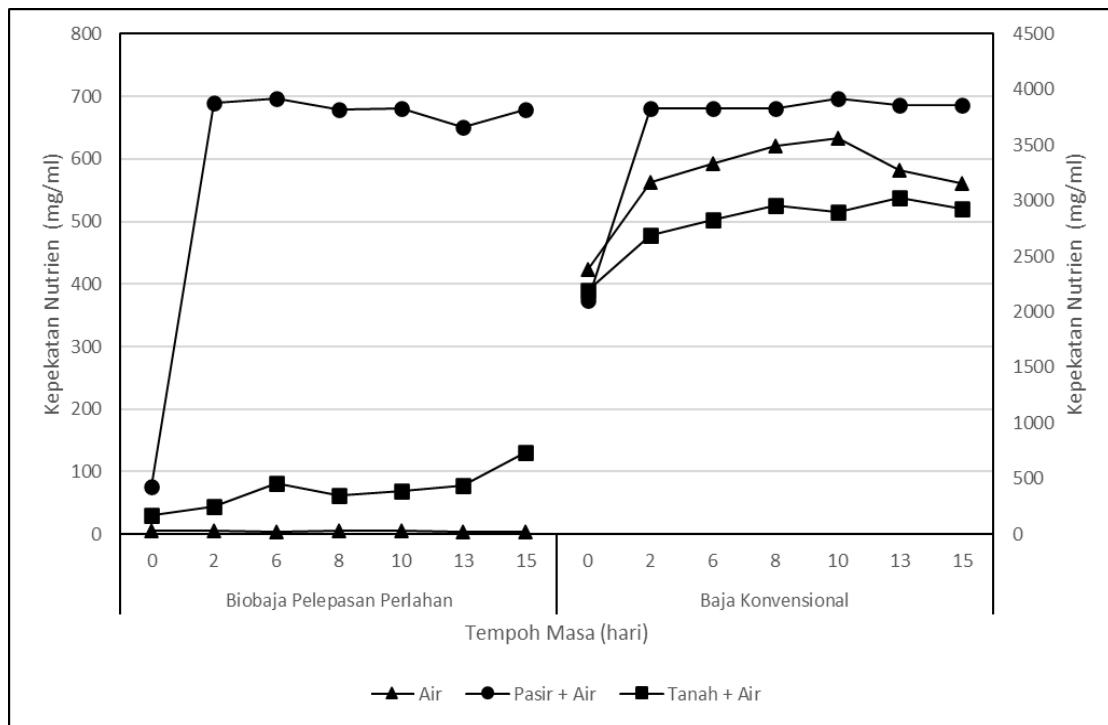
4.3 KADAR PELEPASAN NUTRIEN

Salah satu objektif utama membangunkan biobaja pelepasan perlahan adalah untuk mengoptimumkan dinamik pelepasan nutrien. Dengan menggabungkan enapcemar akuakultur dan urea-formaldehid, pelepasan nutrien penting yang terkawal dan beransur-ansur, seperti nitrogen (N), fosforus (P) dan kalium (K) dapat dicapai. Kadar pelepasan nutrien dianalisis menggunakan tiga medium berbeza iaitu air, pasir, dan tanah. Selain itu, setiap medium tersebut akan menggunakan dua jenis baja yang berbeza iaitu biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional.

Tiga replikat akan dilakukan bagi setiap sampel. Kadar pelepasan nutrien dikira bagi menentukan keadaan biobaja pelepasan perlahan dan menentukan kebolehan matrik urea-formaldehid bersama enapcemar akuakultur sebagai biobaja pelepasan perlahan. Penggunaan kepekatan awal nutrien yang tidak sama di dalam analisis ini akan menyebabkan nutrien di dalam baja konvensional lebih tinggi berbanding biobaja pelepasan perlahan.

4.3.1 Kadar Pelepasan Nitrit

Kadar pelepasan nitrit ditentukan berdasarkan kepekatan nitrat dengan menggunakan kromatografi ion. Rajah 4.3 menunjukkan kadar pelepasan nitrit bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional selama 15 hari.



Rajah 4.3 Kadar pelepasan nitrit bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional

Berdasarkan Rajah 4.3, kadar pelepasan nitrat pada permulaan ujikaji tidak menunjukkan sebarang pengeluaran nutrien yang tinggi di dalam semua medium. Bagi medium pasir bersama air, kadar nitrat yang dilepaskan adalah tinggi berbanding medium lain dan berkadar tetap sehingga hari ke-15. Pada hari ke-2, kandungan nutrien yang dilepaskan dipanggil sebagai “kesan pecah” (Ramli 2019).

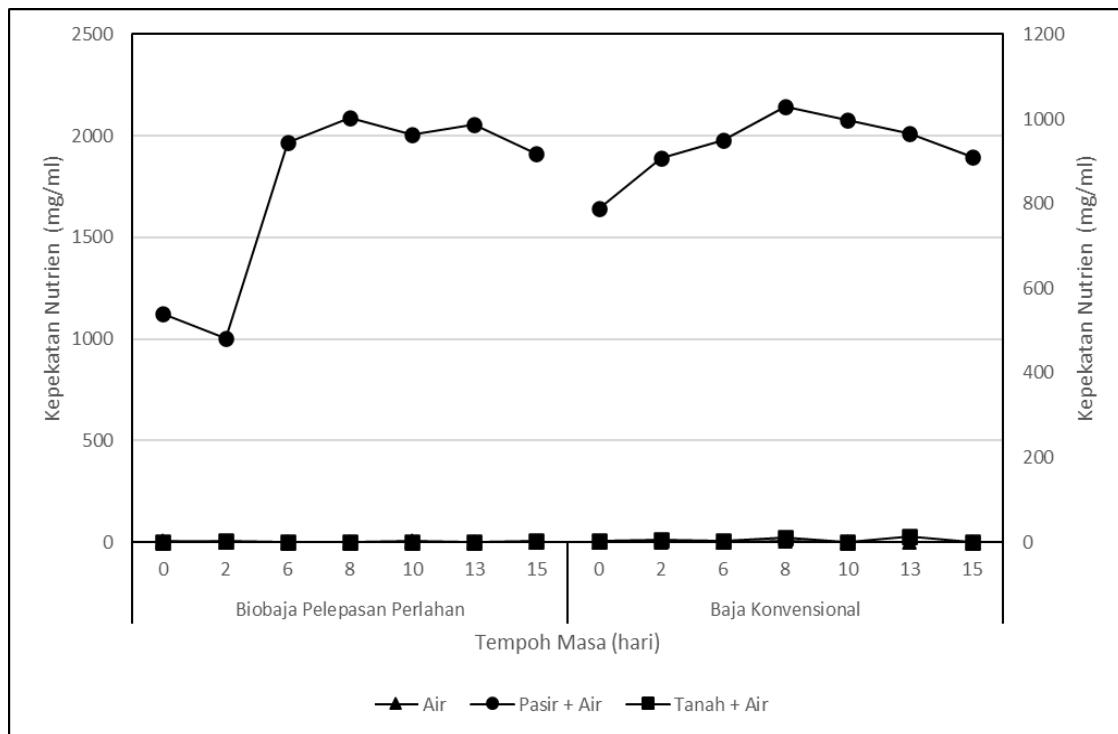
Seterusnya, bagi medium tanah bersama air, dapat di lihat berlakunya peningkatan nitrit bermula dari hari ke-6 dan hari ke-15. Peningkatan yang sedikit demi sedikit itu menunjukkan biobaja pelepasan perlahan telah melepaskan kandungan nitrit secara berkala. Pelepasan nutrien tersebut dibantu oleh kandungan kelembapan tanah dan juga dibantu oleh aktiviti mikrob. Selain itu, pelepasan nitrit di dalam medium air sahaja tidak menunjukkan perubahan yang besar tetapi kepekatan nitrit semakin meningkat dari hari ke hari. Sebanyak 35% nitrit telah dilepaskan pada hari ke-15 bagi medium air berdasarkan jumlah nitrit yang digunakan pada permulaan ujikaji.

Selain itu, baja konvensional menunjukkan peningkatan cepat dan pesat dalam pelepasan nitrit lalu menghasilkan kepekatan awal yang tinggi. Pelepasan nitrit mencapai tahap malar dalam hari ke-2 bagi semua jenis medium dan menunjukkan pembebasan sebatian nitrogen yang lebih cepat berbanding dengan baja pelepasan perlahan. Pelepasan nitrit yang cepat daripada baja konvensional berpotensi menyebabkan larut lesap nutrien dan pencemaran alam sekitar jika tidak diserap dengan segera oleh tumbuhan. Berdasarkan medium air, sebanyak 95% nitrit dilepaskan selepas hari ke-15 bagi baja konvensional. Ini bermakna kadar pelepasan nitrit bagi baja konvensional lebih tinggi berbanding biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan. Jumlah kepekatan nitrit di dalam baja konvensional adalah lebih tinggi berbanding biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan. Oleh itu, akan terdapat perbezaan kepekatan nitrit semasa penentuan kadar pelepasan nitrit.

4.3.2 Kadar Pelepasan Nitrat

Kadar pelepasan nitrat ditentukan berdasarkan kepekatan nitrat dengan menggunakan kromatografi ion. Rajah 4.4 menunjukkan kadar pelepasan nitrat bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional selama 15 hari.

Berdasarkan Rajah 4.4, kadar pelepasan nitrat bagi medium tanah dan air menunjukkan perubahan yang kecil dan boleh dianggap sama sepanjang masa kerana kepekatan yang terlalu sedikit. Walaubagaimanapun, bagi medium air, jumlah nitrat yang dilepaskan hanyalah sebanyak 20% daripada jumlah keseluruhan yang diberikan. Ini bermakna masih banyak lagi nitrat yang belum dilepaskan. Selain itu, bagi medium pasir campur air, kadar lepasan nutrien yang tinggi berlaku pada hari ke-6 dan berkadar tetap hingga hari ke-15.

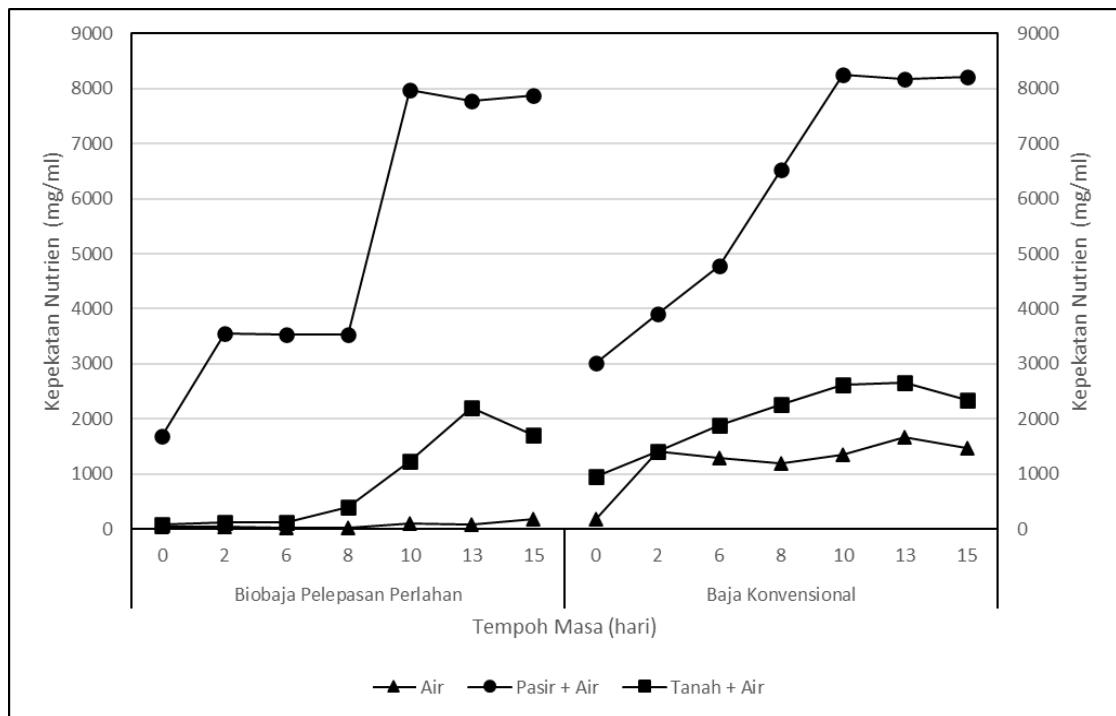


Rajah 4.4 Kadar pelepasan nitrat bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensioanal

Seterusnya, kandungan nitrat bagi medium tanah dan air sama sahaja seperti penggunaan biobaja pelepasan perlahan dimana tiada perubahan yang ketara. Pelepasan nitrat bagi baja konvensional menunjukkan kadar pelepasan nutrien adalah berkadar tetap pada hari pertama hingga hari ke-15. Ini terjadi kerana baja konvensional tidak mempunyai sebarang penyalut bagi melambat proses pelepasan nutrien. Selain itu, jumlah nitrat di dalam biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan adalah lebih tinggi berbanding dengan baja konvensional. Oleh itu, kepekatan nitrat akan lebih tinggi di dalam biobaja pelepasan perlahan.

4.3.3 Kadar Pelepasan Fosforus

Kadar pelepasan fosforus ditentukan berdasarkan kepekatan fosforus dengan menggunakan kromatografi ion. Rajah 4.5 menunjukkan kadar pelepasan fosforus bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional selama 15 hari.



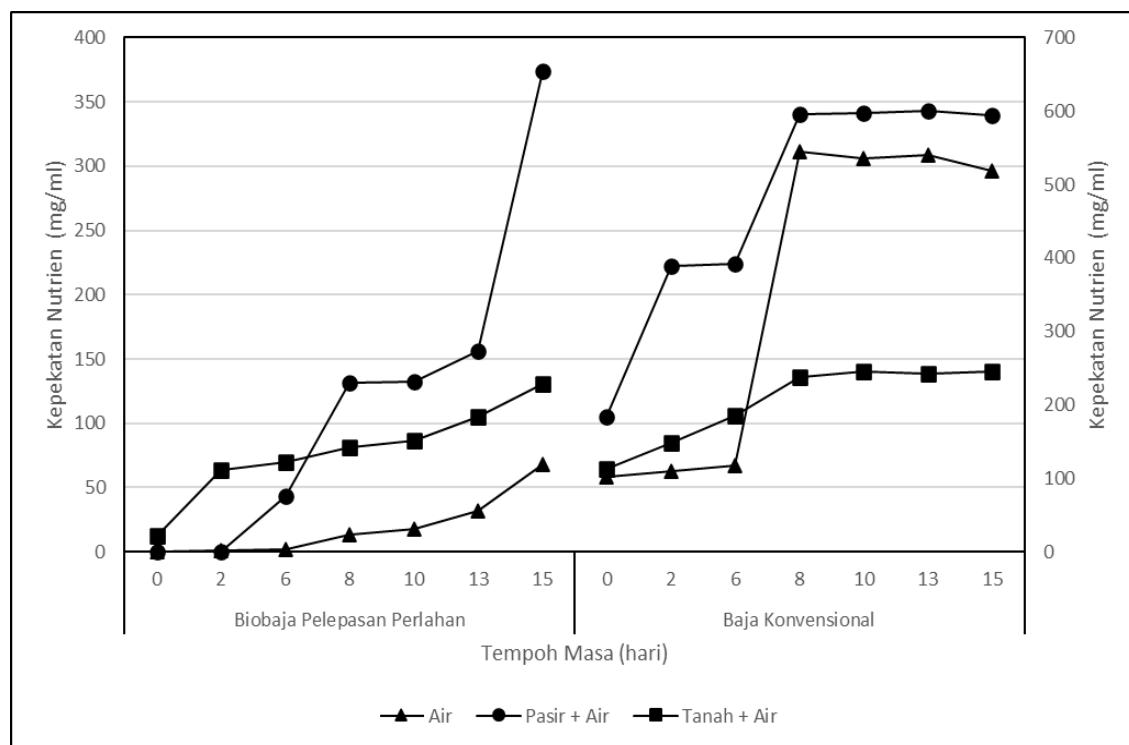
Rajah 4.5 Kadar pelepasan fosforus bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional

Berdasarkan Rajah 4.5, pelepasan fosforus bagi medium pasir campur air berlaku pada hari ke-2 dan ke-10. Bagi medium tanah campur air, bermula pada hari ke-6 pelepasan fosforus berkadar terus sehingga hari ke-13. Perkara ini juga turut berlaku di dalam medium air bersama biobaja pelepasan perlahan sehingga hari ke-15. Ini menunjukkan berlakunya pelepasan fosforus secara berkala bagi biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan. Berdasarkan medium air, biobaja pelepasan perlahan yang dilepaskan adalah sebanyak 65% daripada jumlah keseluruhan fosforus yang digunakan.

Selain itu, bagi baja konvensional, medium tanah campur air dan pasir campur air menunjukkan kadar pelepasan fosforus mula malar pada hari ke-10 tetapi di dalam medium air ia menunjukkan pelepasan fosforus mula malar pada hari ke-2. Ini kerana berlakunya aktiviti mikrob di dalam medium tanah dan pasir yang meningkatkan kepekatan nutrien.

4.3.4 Kadar Pelepasan Ammonium

Kadar pelepasan ammonium ditentukan berdasarkan kepekatan ammonium dengan menggunakan kromatografi ion. Rajah 4.6 menunjukkan kadar pelepasan nitrat bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional selama 15 hari.



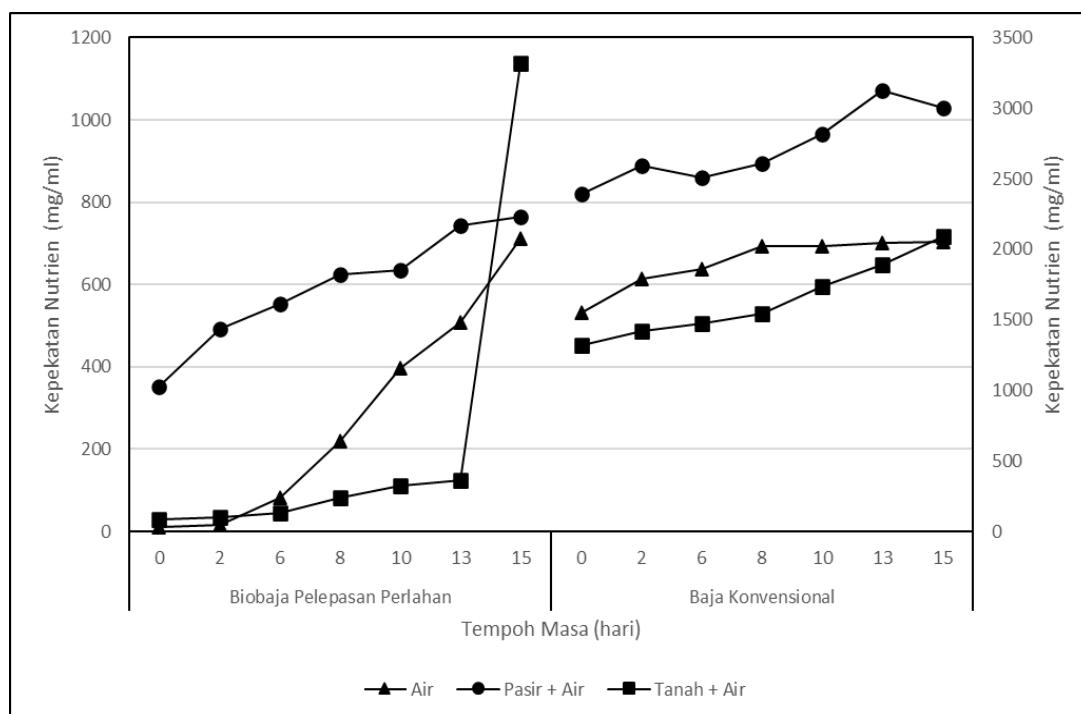
Rajah 4.6 Kadar pelepasan ammonium bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional

Berdasarkan Rajah 4.6, bagi biobaja pelepasan perlahan, medium tanah campur air menunjukkan pelepasan ammonium yang konsisten bermula dari hari pertama hingga hari ke-15. Peningkatan pelepasan ammonium di dalam air juga dapat dilihat bermula pada hari ke-6 hingga hari ke-15. Medium pasir bersama air menunjukkan peningkatan yang ketara pada hari ke-8 dan hari ke-15. Ini kerana biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan melepaskan nutrien sedikit demi sedikit. Peningkatan yang ketara bagi medium pasir berlaku kerana pasir lebih mudah melepaskan nutrien berbanding tanah. Hanya 32% sahaja ammonium dilepaskan selepas hari ke-15 bagi medium air bersama biobaja pelepasan perlahan.

Selain itu, baja konvensional juga menunjukkan peningkatan ammonium tetapi hanya sehingga hari ke-6 sahaja dan berkadar tetap hingga hari ke-15. Perkara ini berlaku bagi semua medium yang digunakan. Ini berlaku kerana baja konvensional tidak mempunyai penyalut bagi menahan pengeluaran nutrien secara berperingkat. Berdasarkan medium air bersama baja konvensional, lebih 98% ammonium dilepaskan pada hari ke-6 daripada jumlah keseluruhan ammonium yang dibekalkan.

4.3.5 Kadar Pelepasan Kalium

Kadar pelepasan kalium ditentukan berdasarkan kepekatan kalium dengan menggunakan kromatografi ion. Rajah 4.7 menunjukkan kadar pelepasan nitrat bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional selama 15 hari.



Rajah 4.7 Kadar pelepasan kalium bagi biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional

Berdasarkan Rajah 4.7, bagi biobaja pelepasan perlahan, pelepasan kalium bagi medium air menunjukkan peningkatan yang tinggi bermula pada hari ke-6 hingga ke-15. Keadaan pelepasan kalium di dalam medium pasir adalah berkadar terus dan konsisten bermula pada hari pertama hingga hari ke-15. Seterusnya, kadar pelepasan kalium menunjukkan peningkatan sedikit demi sedikit pada hari pertama hingga ke-13

bagi medium tanah tetapi pada hari ke-15 peningkatan pelepasan kalium yang tinggi telah berlaku. Ini berpunca daripada salutan matriks urea-formaldehid yang tidak homogen dan menyebabkan air mudah memecahkan salutan tersebut lalu mengeluarkan kandungan nutrien yang banyak. Berdasarkan medium air dan biobaja pelepasan perlahan, hanya 47% sahaja kandungan kalium yang dilepaskan selepas hari ke-15.

Bagi baja konvensional, ketiga-tiga medium menunjukkan pelepasan kalium yang konsisten kerana tidak banyak perbezaan antara hari-hari tersebut. Dapat dilihat kepekatan kalium lebih tinggi di dalam medium air dan pasir berbanding tanah kerana pelepasan kalium di dalam air dan pasir lebih mudah berbanding tanah. Berdasarkan medium air bersama baja konvensional, lebih 98% kalium dilepaskan pada hari ke-6 daripada jumlah keseluruhan kalium yang dibekalkan.

4.3.6 Perbandingan Kadar Pelepasan Nutrien

Jadual 4.1 menunjukkan kadar pelepasan nutrien bagi ujikaji yang dijalankan dan kajian-kajian yang terdahulu. Kadar pelepasan nutrien daripada ujikaji yang dijalankan adalah hampir sama sahaja dengan kajian yang terdahulu iaitu sekitar 65-20% sahaja nutrien yang dilepaskan selepas 15 hari. dengan rujukan terdahulu meskipun ada sebilangan yang mempunyai nilai yang berbeza. Oleh itu, penghasilan biobaja pelepasan perlahan dari enapcemar akuakultur menggunakan matriks urea-formaldehid dapat digunakan kerana berdasarkan Trenkel (2010), kadar pelepasan nutrien memenuhi kesemua kriteria yang telah ditetapkan. Kriteria tersebut adalah tidak lebih daripada 15% (m/m) dan 75% (m/m) nutrien dilepaskan dalam 24 jam dan 28 jam.

Jadual 4.1 Kadar pelepasan nutrien menggunakan kaedah yang berbeza

| Jenis Nutrien | Jenis Penyalut | Kadar Pelepasan Nutrien | Sumber |
|--|----------------------------------|---|--------------------------------|
| Enapcemar akuakultur | Matriks urea-formaldehid | Selepas 15 hari: ▪ Kalium: 47% ▪ Fosforus: 65% ▪ Ammonium: 32% ▪ Nitrat: 20% ▪ Nitrit: 35% | Ujiakaji yang dijalankan |
| Tumbuhan laut: ▪ Thalassia testudinum (Thr) ▪ Syringodium filiforme (Sr) | Matriks urea-formaldehid | Selepas 30 hari: ▪ Kalium: 18-32% ▪ Nitrogen: 18-26% ▪ Fosforus: 12-20% | Rivera et al. (2021) |
| Mikroalga: ▪ Chlorella sp (CHLO) ▪ Nannochloropsis sp (NANNO) | Matriks urea-formaldehid polimer | Selepas 30 hari: ▪ Kalium: 46–50% ▪ Nitrogen: 26-48% ▪ Fosforus: 26-32% | González-Hurtado et al. (2021) |
| Sebatian bukan organik: Kalium difosfat K_2HPO_4 | Matriks urea-formaldehid-lignin | Selepas 21 hari: ▪ Kalium: 80.64% ▪ Nitrogen: 67.41% ▪ Fosforus: 85.34% | Pang et al. (2018) |

4.4 KADAR PERTUMBUHAN TUMBUHAN

Spesies tumbuhan yang berbeza akan mempunyai kadar pertumbuhan relatif (RGR) yang berbeza. Ini mungkin disebabkan oleh variasi berkaitan habitat dalam faktor abiotik, seperti suhu, air, cahaya dan nutrien, atau oleh faktor biotik seperti persaingan, penyakit atau tekanan ragut. Walaupun ditanam di bawah keadaan yang sama, hampir dengan keadaan optimum tanpa gangguan daripada organisma lain, variasi interspesifik yang besar dalam kadar relatif pertumbuhan wujud. Fenomena ini telah diperhatikan baik untuk spesies tanaman dan untuk spesies liar (Hendrik 2016). Kadar relatif pertumbuhan tumbuhan di dalam kajian akan dilihat berdasarkan ketinggian, bilangan daun dan berat keringnya.

4.4.1 Pemerhatian Terhadap Tumbuhan

Pemerhatian tumbuhan diperhatikan bagi setiap minggu selama sebulan bagi biobaja pelepasan perlahan, baja konvensional, dan kawalan iaitu tidak mempunyai sebarang baja. Jadual 4.2 menunjukkan pemerhatian terhadap tumbuhan di dalam tanah.

Jadual 4.2 Pemerhatian terhadap tumbuhan

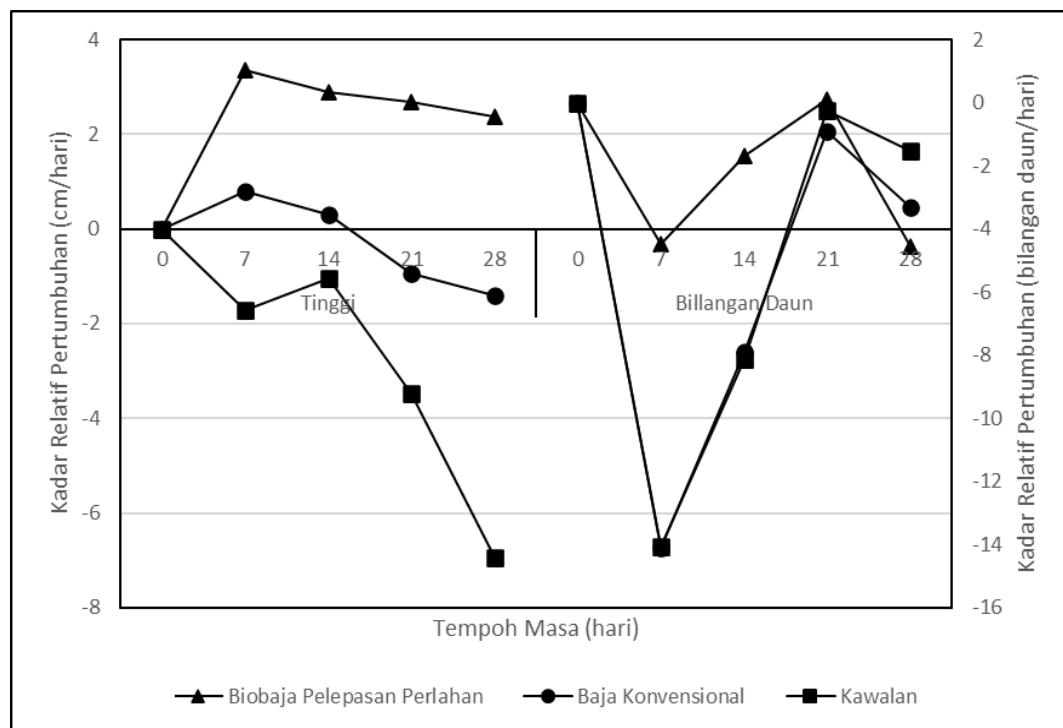
| Tempoh Masa, hari | Jenis Baja | | |
|------------------------------|---|--|---|
| | Biobaja Pelepasan Perlahan | Baja Konvensional | Kawalan |
| Hari Pertama |  |  |  |
| Hari ke-7 |  |  |  |
| Hari ke-14 |  |  |  |
| Hari ke-21 |  |  |  |
| Hari ke-28 |  |  |  |

Berdasarkan Jadual 4.2, pada hari pertama selepas pemindahan tumbuhan dari tapak semaian, tumbuhan menunjukkan kelayuan bagi semua jenis baja yang digunakan. Ini kerana tumbuhan tersebut sedang mengadaptasi dengan persekitaran yang baru. Pada hari ke-7, kesemua tumbuhan yang menggunakan biobaja pelepasan perlahan hidup dengan cepat berbanding dengan baja konvensional dan kawalan. Pada hari ke-14, lapan daripada sembilan tumbuhan hidup bagi biobaja pelepasan perlahan manakala bagi baja konvensional enam daripada sembilan tumbuhan yang hidup. Tumbuhan di dalam kawalan iaitu tanpa baja hanya empat sahaja yang berjaya untuk tumbuh selepas 14 hari. Pada hari ke-21, tumbuhan di dalam biobaja pelepasan perlahan masih sama seperti pada hari ke-14 iaitu tumbuh dengan sihat. Bagi baja konvensional, satu daripada lima tumbuhan yang hidup semakin layu disebabkan persaingan bagi mendapatkan nutrien. Hanya dua sahaja tumbuhan yang hidup di dalam medium kawalan. Ini kerana kurangnya nutrien yang diperolehi.

Pada hari ke-28, kesemua tumbuhan masih hidup di dalam penggunaan biobaja pelepasan perlahan. Ini menunjukkan nutrien yang dilepaskan secara perlahan bagi mengurangkan kadar kehilangan nutrien. Bagi penggunaan baja konvensional, satu daripada lima tumbuhan telah layu kerana ada persaingan mendapatkan nutrien. Medium kawalan juga menunjukkan perkara yang sama dimana satu daripada dua tumbuhan sudah layu kerana nutrien di dalam tanah sudah semakin kurang. Oleh itu, penggunaan biobaja pelepasan perlahan dapat bertahan selama 28 hari dengan sekali penggunaan baja sahaja manakala baja konvensional hanya dapat bertahan sehingga hari ke-14 dimana tumbuhan mula menunjukkan proses kelayuan. Selain itu, tiga daripada enam tumbuhan yang menggunakan biobaja pelepasan perlahan telah mempunyai anak kacang bendi yang masih kecil. Ini berlaku kerana nutrien yang dibekalkan adalah mencukupi.

4.4.2 Kadar Relatif Pertumbuhan Tumbuhan

Rajah 4.8 menunjukkan kadar relatif pertumbuhan berdasarkan ketinggian dan bilangan daun.



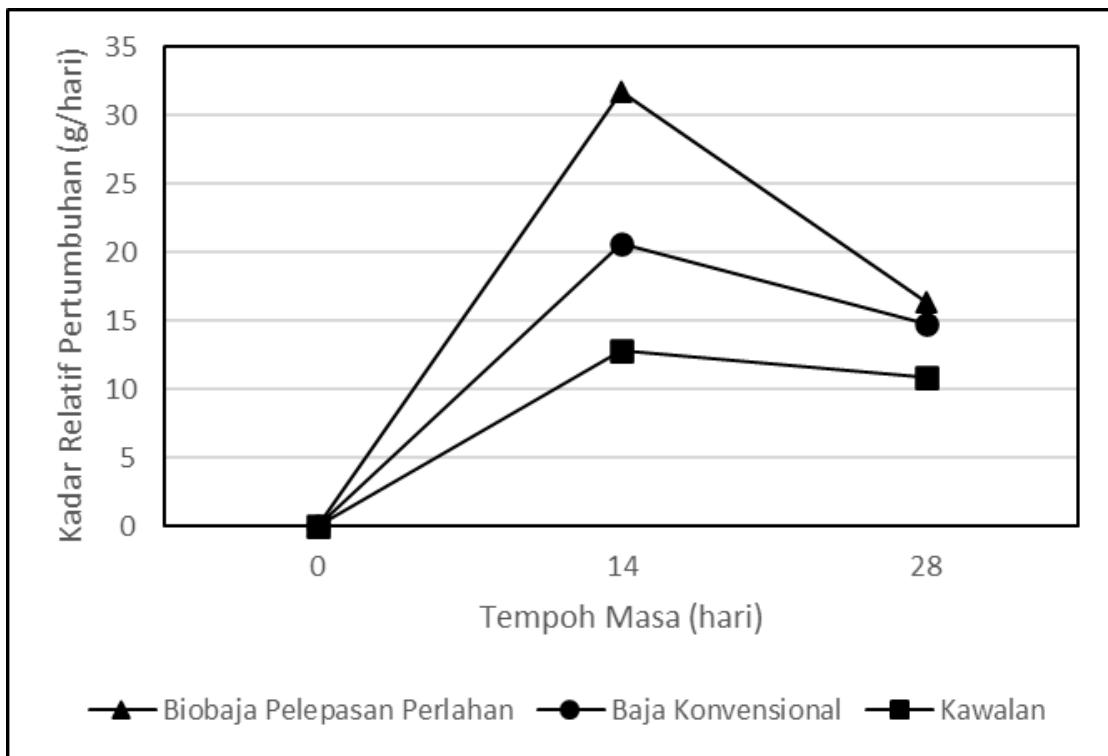
Rajah 4.8 Kadar relatif pertumbuhan berdasarkan ketinggian dan bilangan daun

Berdasarkan Rajah 4.8, tumbuh yang menggunakan biobaja pelepasan perlahan tumbuh dengan lebih cepat pada tujuh hari yang pertama. Tumbuhan di dalam kawalan menunjukkan penurun ketinggian kerana tumbuhan tersebut mengambil masa untuk mencari nutrien di dalam tanah jika dibandingkan dengan yang lain di mana nutrien dibekalkan. Pada hari ke-14, tumbuhan di dalam biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional tidak selaju pada seminggu awal. Tumbuhan di dalam kawalan sudah mula menunjukkan pertumbuhan yang positif walaupun terdapat beberapa tumbuhan yang mati.

Seterusnya, kesemua medium menunjukkan penurunan dalam kadar relatif pertumbuhan bagi ketinggian pada hari ke-21 dan ke-28. Ini kerana tumbuhan yang digunakan adalah sebulan selepas semaian dan pada minggu ke-6, tumbuhan yang digunakan iaitu pokok bendi sudah mula matang. Oleh itu, tumbuhan sudah matang akan menyebabkan pertumbuhan menjadi perlahan. Walau bagaimanapun, kadar relatif pertumbuhan bagi penggunaan biobaja pelepasan perlahan hanya menunjukkan penurunan yang tidak ketara dan tidak seperti penggunaan baja konvensional dan kawalan.

Selain itu, jika dilihat pada minggu pertama bilangan daun bagi semua medium menunjukkan penurunan. Tumbuhan tersebut permulaan sudah layu dan menyebabkan beberapa daunnya gugur kerana tumbuhan mengambil masa untuk menyesuaikan diri dengan suasana yang baharu. Pada hari ke-14 dan ke-21, kesemua tumbuhan menunjukkan peningkatan bilangan daun yang positif berbanding pada hari ke-7. Perkara ini berlaku kerana tumbuhan sudah mula menyesuaikan diri dan mendapatkan nutrien yang mencukupi.

Selepas itu, pada hari ke-28, semua medium menunjukkan penurunan bilangan daun. Daun yang berada di bawah akan cepat layu berbanding di atas kerana cahaya matahari yang tidak sampai. Perkara ini berlaku terutamanya bagi penggunaan biobaja pelepasan perlahan. Dapat dilihat pada Jadual 4.2, biobaja pelepasan perlahan mempunyai daun yang lebat di bahagian atas sehingga menyebabkan daun dibawah layu. Baja konvensional dan kawalan menunjukkan penurunan kerana kekurangan nutrien yang dibekalkan. Rajah 4.9 menunjukkan kadar relatif pertumbuhan berdasarkan berat kering tumbuhan.



Rajah 4.9 Kadar relatif pertumbuhan berdasarkan berat kering

Berdasarkan Rajah 4.9, pada hari ke-14, kadar relatif pertumbuhan menunjukkan peningkatan bagi semua jenis medium. Penggunaan biobaja pelepasan perlahan menunjukkan peningkatan pertumbuhan yang cepat berbanding dengan biobaja pelepasan perlahan dan kawalan meskipun menggunakan tumbuhan yang sama. Pada hari ke-28, kesemua medium menunjukkan penurunan kadar relatif pertumbuhan berdasarkan berat kering kerana tumbuhan sudah matang dan proses pertumbuhan akan semakin perlahan.

BAB V

KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1 KESIMPULAN KESELURUHAN

Peningkatan penghasilan enapcemar akuakultur dan penggunaan baja konvensional yang berlebihan boleh menyebabkan pencemaran kepada alam sekitar. Penggunaan enapcemar akuakultur dalam penghasilan biobaja pelepasan perlahan dapat menyelesaikan masalah ini. Objektif bagi ujikaji yang dijalankan adalah untuk mencirikan enapcemar akuakultur, untuk menentukan kadar pelepasan nutrien daripada biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan, dan menentukan prestasi tumbuhan di dalam biobaja pelepasan perlahan.

Objektif pertama iaitu pencirian enapcemar akuakultur telah dicirikan menggunakan kromatografi ion. Enapcemar mempunyai kepekatan nutrien bagi nitrat (59 mg/ml), nitrat (2 mg/ml), fosforus (10290 mg/ml), ammonium (440 mg/ml), dan kalium (397 mg/ml). Oleh itu, enapcemar akuakultur sesuai dijadikan sebanyak biobaja pelepasan perlahan kerana kandungan nutriennya yang tinggi.

Penentuan kadar pelepasan nutrien dijalankan. Sebanyak tiga medium yang terlibat iaitu air, pasir, dan tanah. Didapati kadar pelepasan nutrien di dalam biobaja pelepasan perlahan terus meningkat sehingga hari ke-15 bagi semua medium manakala baja konvensional menunjukkan nutrien sudah mencapai kadar tetap. Berdasarkan medium air bersama biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional, biobaja pelepasan perlahan mempunyai kadar pelepasan nutrien yang jauh lebih rendah berbanding baja konvensional iaitu kalium (47%), fosforus (65%), ammonium (32%), nitrat (20%), dan nitrit (30%). Kadar pelepasan nutrien bagi baja konvensional semuanya melebihi 95% selepas hari ke-15.

Prestasi tumbuhan di dalam biobaja pelepasan perlahan telah diperhatikan. Pokok bendi di dalam biobaja pelepasan perlahan menunjukkan perkembangan yang positif manakala baja konvensional dan kawalan menunjukkan penurunan. Ini kerana tumbuhan di dalam biobaja pelepasan perlahan mempunyai tujuh tumbuhan yang hidup manakala bagi baja konvensional dan kawalan hanya empat dan satu sahaja yang hidup pada tujuh hari pertama.

Jika dilihat dari segi kadar relatif pertumbuhan berdasarkan ketinggian, biobaja pelepasan menunjukkan penurunan seperti penggunaan baja konvensional dan kawalan. Ini kerana keadaan tumbuhan yang sudah matang selepas hari ke-14. Kadar relatif pertumbuhan berdasarkan bilangan daun menunjukkan peningkatan bermula pada hari ke-7 hingga hari ke-21 bagi semua jenis medium yang digunakan dan berlakunya penurunan pada hari ke-28 kerana daun dibahagian bawah tidak mendapatkan cahaya matahari yang mencukupi. Akhir sekali, kadar relatif tumbuhan berdasarkan berat kering menunjukkan peningkatan pada hari ke-14 dan penurunan pada hari ke-28 kerana keadaan tumbuhan yang sudah matang.

Oleh itu, enapcemar yang digunakan mempunyai jumlah nutrien yang tinggi dan biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan adalah lebih baik berbanding dengan baja konvensional dari segi pelepasan nutrien secara berkala.

5.2 CADANGAN KAJIAN LANJUTAN

Kajian yang dijalankan adalah bagi menghasilkan biobaja pelepasan perlahan menggunakan enapcemar akuakultur. Kajian boleh diteruskan dengan menggunakan jenis enapcemar akuakultur yang lebih pelbagai dan tidak terhad pada satu sumber ternakan sahaja.

Penentuan kadar pelepasan baja pelepasan perlahan boleh dipanjang selama sebulan bagi menentukan tempoh masa untuk kesemua nutrien dilepaskan. Seterusnya, penggunaan bahan seperti tanah dan pasir perlu diambil daripada sumber semula jadi bagi memastikan data didapati lebih meluas dan lebih praktikal.

Prestasi tumbuhan di dalam biobaja pelepasan perlahan boleh ditambah dengan mempelbagai jenis tumbuhan yang digunakan dan jenis medium. Ini kerana setiap tumbuhan mempunyai persekitaran yang kondusif dan berbeza bagi setiapnya. Ini juga dapat meluaskan lagi penggunaan biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan.

RUJUKAN

- Achilea, O. 2021. Slow and Controlled Release and Stabilized Fertilizers, Products, & Trends. *NewAG Internasional* 3(16): 32-39.
- Akinbile, C.O., Yusoff, M.S. & Shian, L.M. 2012. Leachate Characterization and Phytoremediation Using Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*) in Pulau Burung, Malaysia. *Bioremediation Journal* 16(1): 9–18.
- Alnawajha, M.M., Kurniawan, S.B., Imron, M.F., Abdullah, S.R.S., Hasan, H.A. & Othman, A.R. 2022. Plant-based coagulants/flocculants: characteristics, mechanisms, and possible utilization in treating aquaculture effluent and benefiting from the recovered nutrients. *Journal of Environmental Science and Pollution Research* 29(39): 58430-58453.
- Bommarito, C.R., Sturdevant, A.B. & Szymanski, D.W. 2007. Analysis of forensic soil samples via high-performance liquid chromatography and ion chromatography. *Journal of Forensic Sciences* 52(1): 24–30.
- Cao, J.S., Wang, C., Fang, F. & Lin, J.X. 2016. Removal of heavy metal Cu(II) in simulated aquaculture wastewater by modified palygorskite. *Environmental Pollution* 219: 924–931.
- Chaudhary, I.J., Neeraj, A., Siddiqui, M.A. & Singh, V. 2020. Nutrient Management Technologies and the Role of Organic Matrix-Based Slow-Release Biofertilizers for Agricultural Sustainability: A Review. *Agriculture Review* 41(1): 1-13.
- Chawakitchareon, P., Poovuttikul, P. & Chantanurak, T. 2014. Slow-release fertilizer prepared from Leonardite and Zeolite. *Advanced Materials Research*, 931-932: 758–761.
- Chinenye Adaobi Igwegbe & Okechukwu. Dominic. Onukwuli. 2019. (PDF) Removal of Total Dissolved Solids (TDS) from Aquaculture Wastewater by Coagulation-flocculation Process using Sesamum indicum extract: Effect of Operating Parameters and Coagulation-Flocculation kinetics. *The Pharmaceutical and Chemical Journal* 6(4): 32-45.
- Datta, S. 2016. Biofertilizers in Aquaculture. *Minaloka* 7:15-20.
- Dauda, A.B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A.S. & Akinwole, A.O. 2019. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Journal of Aquaculture and Fisheries* 4(3): 81-88.
- Delaide, B., Goddek, S., Keesman, K.J., Haissam, M. & Jijakli, M. 2018. A methodology to quantify the aerobic and anaerobic sludge digestion performance for nutrient recycling in aquaponics. *Biotechnology, Agronomy Society Environment* 22(2): 106-112.

- Duraisamy, E. & Subbarayan, S. 2019. Study on the influence of organics and micronutrients fertilizer for increasing sesame production and sustainable soil fertility in coastal sandy soil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* SP2:483-487.
- Ebeling, J.M., Sibrell, P.L., Ogden, S.R. & Summerfelt, S.T. 2003. Evaluation of chemical coagulation–flocculation aids for the removal of suspended solids and phosphorus from intensive recirculating aquaculture effluent discharge. *Aquacultural Engineering* 29(1–2): 23–42.
- Ezziddine, M., Liltved, H. & Homme, J.M. 2020. A method for reclaiming nutrients from aquacultural waste for use in soilless growth systems. *Water Science and Technology* 81(1): 81–90.
- Fertahi, S., Ilsouk, M., Zeroual, Y., Oukarroum, A. & Barakat, A. 2021. Recent trends in organic coating based on biopolymers and biomass for controlled and slow release fertilizers. *Journal of Controlled Released Society* 330: 341-361.
- Fu, J., Wang, C., Chen, X., Huang, Z. & Chen, D. 2018. Classification research and types of slow controlled release fertilizers (SRFs) used - a review. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 50(6): 772-781.
- Gerten, D., Heck, V., Jägermeyr, J., Bodirsky, B.L., Fetzer, I., Jalava, M., Kummu, M., Lucht, W., Rockström, J., Schaphoff, S. & Schellnhuber, H.J. 2020. Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries. *Nature Sustainability* 3(3): 200–208.
- González-Hurtado, M., Siveiro-Martínez, L. & Iribarren, A. 2021. Slow-Release Fertilizer Based on Microalgae Chlorella sp Microencapsulated with Urea–Formaldehyde: Potassium Release Kinetics. *Journal of Polymers and the Environment* 29(5): 1424–1433.
- Guo, M., Liu, M., Zhan, F. & Wu, L. 2005. Preparation and properties of a slow-release membrane-encapsulated urea fertilizer with superabsorbent and moisture preservation. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 44(12): 4206–4211.
- Han, W., Mao, Y., Wei, Y., Shang, P. & Zhou, X. 2020. Bioremediation of aquaculture wastewater with algal-bacterial biofilm combined with the production of selenium rich biofertilizer. *Water* 12(7): 2071
- Hasnain, M., Chen, J., Ahmed, N., Memon, S., Wang, L., Wang, Y. & Wang, P. 2020. The effects of fertilizer type and application time on soil properties, plant traits, yield and quality of tomato. *Sustainability* 12(21): 1–14.
- Heiderscheidt, E., Postila, H. & Leiviskä, T. 2020. Removal of metals from wastewaters by mineral and biomass-based sorbents applied in continuous-flow continuous stirred tank reactors followed by sedimentation. *Science of The Total Environment* 700: 135079.

- Hoffmann, W.A. & Poorter, H. 2002. Avoiding Bias in Calculations of Relative Growth Rate. *Annals of Botany* 90(1): 37–42.
- Hoskins, B. & Ross, D. 2009. *Chapter 2 Soil Sample Preparation and Extraction*. University of Delaware.
- Kumar, M.S., Luu, L.T., Ha, M. Van & Dieu, N.Q. 2004. The nutrient profile in organic fertilizers: Biological response to nitrogen and phosphorus management in tanks. *Journal of Applied Aquaculture* 16(3–4): 45–60.
- Lab Chem. 2012. *Sodium Hydroxide Safety Data Sheet*. Lab Chem 77(58).
- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S.H., Ding, L., Liu, Q., Liu, S. & Fan, T. 2010. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma* 158(3–4): 173–180.
- Liu, X., Steele, J.C. & Meng, X.Z. 2017. Usage, residue, and human health risk of antibiotics in Chinese aquaculture: A review. *Environmental Pollution* 223: 161–169.
- Malusá, E., Sas-Paszt, L. & Ciesielska, J. 2012. Technologies for beneficial microorganisms inocula used as biofertilizers. *The Scientific World Journal* 2012: 1–12.
- Martínez, L.S., Hurtado, M.G., González, L.M.C., Briones, J.R., García, A.M. & Díaz, M.I.H. 2019. Preparation of a slow release biofertilizer from a polymeric urea-formaldehyde matrix (PUFM). *Phyton* 88(4): 459–470.
- Monsees, H., Keitel, J., Paul, M., Kloas, W. & Wuertz, S. 2017. Potential of aquacultural sludge treatment for aquaponics: Evaluation of nutrient mobilization under aerobic and anaerobic conditions. *Aquaculture Environment Interactions* 9(1): 9–18.
- Morgan, K.T., Cushman, K.E. & Sato, S. 2009. Release Mechanisms for Slow- and Controlled-release Fertilizers and Strategies for Their Use in Vegetable Production. *HortTechnology* 19(1): 10–12.
- Mulbry, W., Kondrad, S. & Pizarro, C. 2007. Biofertilizers from algal treatment of dairy and swine manure effluents: Characterization of algal biomass as a slow release fertilizer. *Journal of Vegetable Science* 12(4): 107–125.
- Muntean, E., Pecyna-Utylska, P., Kernert, J. & Rajmund, M. 2019. Ion Chromatography—an Advantageous Technique in Soil Analysis. *ProEnvironment* 12: 82–88.
- Muruganandam, L., Saravana Kumar, M.P., Jena, A., Gulla, S. & Godhwani, B. 2017. Treatment of wastewater by coagulation and flocculation using biomaterials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 263: 032006.

- Neamătu, C., Popescu, M., Oancea, F. & Dima, S.O. 2015. Synthesis Optimization and Characterization of Microencapsulated N-P-K Slow-Release Fertilizers. *Open Chemistry* 13(1): 813–823.
- Omitoyin, B.O., Kolawole Ajani, E., Israe Okeleye, O., Uzezi Akpoilih, B. & Ogunjobi, A.A. 2017. Biological Treatments of Fish Farm Effluent and its Reuse in the Culture of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Research & Development* 08(02): 1-9.
- Pang, W., Hou, D., Wang, H., Sai, S., Wang, B., Ke, J., Wu, G., Li, Q. & Holtzapple, M.T. 2018a. Preparation of microcapsules of slow-release NPK compound fertilizer and the release characteristics. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 29(11): 2397–2404.
- Pillay, T. 2004. *Aquaculture and the Environment*. Edisi Pertama. : Fishing News Books: Blackwell Publishing Ltd
- Prasad, R. 2009. Efficient fertilizer use: The key to food security and better environment. *Journal of Tropical Agriculture* 47(1-2): 1-17.
- Rafiee, G. & Saad, C.R. 2005. Nutrient cycle and sludge production during different stages of red tilapia (*Oreochromis sp.*) growth in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 244(1-4): 109–118.
- Rahman, I.-. 2016. Effect of seed priming on growth parameters of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Pure and Applied Biology* 5(1): 165–171.
- Ramli, R.A. 2019. Slow release fertilizer hydrogels: A review. *Royal Society of Chemistry* 10(45): 6073-6090.
- Ramsundar, P., Guldhe, A., Singh, P., Pillay, K. & Bux, F. 2017. Evaluation of waste activated sludge as a potential nutrient source for cultivation of Chlorella sorokiniana. *Algal Research* 28: 108–117.
- Rivera, Y.H., González Hurtado, M., Siverio Martínez, L., Martínez García, A., Hernández Díaz, M.I. & García, M.R. 2021. Easy method for obtaining slow-release biofertilizer enriched with marine plant residues. *Environmental Science* 12(6): 798.
- Rome. 2018. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals*. Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO.
- Sahu, P.K. & Brahmaprakash, G.P. 2016. Formulations of biofertilizers - Approaches and advances. *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity* 2: 179–198
- Salehudin Mat Rasad. 2021. *Peneroka Felda terus terbeban, harga baja, racun meningkat*. Utusan Malaysia. [14 January 2023]

- Salmon Facts. 2022. *3 Types of Aquaculture - A Complete Guide* - Salmon Facts! <https://salmonfacts.org/types-of-aquaculture-systems/> [14 July 2023].
- Sigma-Aldrich. 2022. *Formaldehyde Safety Data Sheet*. Sigma-Aldrich 8(4).
- Solihin, Handoko, A.D. & Noviardhi, R.R. 2019. Preliminary Synthesis of Slow Release Fertilizer Material by Using Obsidian Rock. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 541(1): 012020
- Supelco. 2013. *Urea Safety Data Sheet*. Supelco 1(5).
- Trenkel, M.E. 2010. Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture. *International fertilizer industry Association* (IFA): Paris
- Wang, X., Yang, Y., Gao, B., Wan, Y., Li, Y.C., Xie, J. & Tang, Y. 2021. Slow-released bio-organic-chemical fertilizer improved tomato growth: synthesis and pot evaluations. *Journal of Soils and Sediments* 21(1): 319–327.
- Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. & Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. *Geoderma* 125(1–2): 155–166.
- Xu, Q., Liu, X., Wang, D., Wu, Y., Wang, Q., Liu, Y., Li, X., An, H., Zhao, J., Chen, F., Zhong, Y., Yang, Q. & Zeng, G. 2018. Free ammonia-based pretreatment enhances phosphorus release and recovery from waste activated sludge. *Chemosphere* 213: 276–284.
- Yahya, N. 2018. *Green Urea for Future Sustainability*. Green Energy and Technology: Springer.
- Zhang, H., Gao, Y., Liu, J., Lin, Z., Lee, C.T., Hashim, H., Wu, W.M. & Li, C. 2021. Recovery of nutrients from fish sludge as liquid fertilizer to enhance sustainability of aquaponics: A review. *Chemical Engineering Transactions* 83: 55–60.
- Zhang, W.F., Dou, Z.X., He, P., Ju, X.T., Powlson, D., Chadwick, D., Norse, D., Lu, Y.L., Zhang, Y., Wu, L., Chen, X.P., Cassman, K.G. & Zhang, F.S. 2013. New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110(21): 8375–8380.

LAMPIRAN A

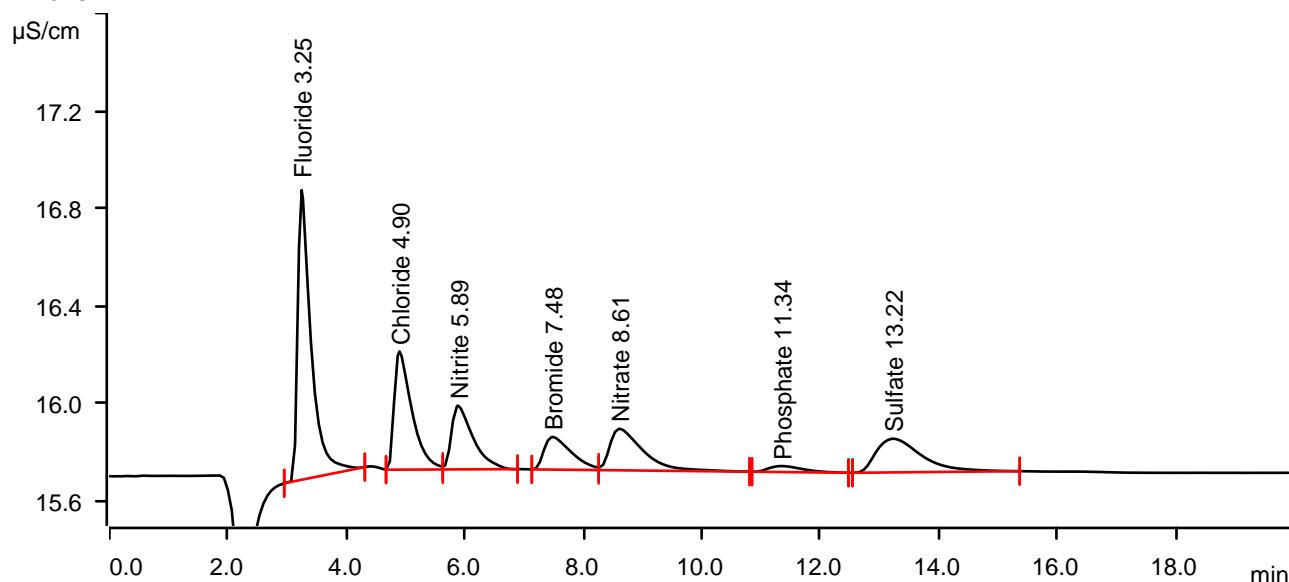
Lampiran A menunjukkan data bagi lengkung penentukan piawaian bagi anion dan kation untuk kromatografi ion

Sample data

Ident 1ppm anion
Sample type Standard 1
Determination start 2023-01-04 14:38:15 UTC+8
Method 15-10-2021-ANION-NC-METHOD
Operator

Anions

Data source Conductivity detector 1 (882 Compact IC plus 1)
Channel Conductivity
Recording time 20.0 min
Integration Automatically
Eluent composition A Supp 5 eluent - 3.2 mmol/L Na₂CO₃ 1.0 mmol/L NaHCO₃
Flow 0.700 mL/min
Pressure 9.64 MPa
Temperature --- °C

Anions

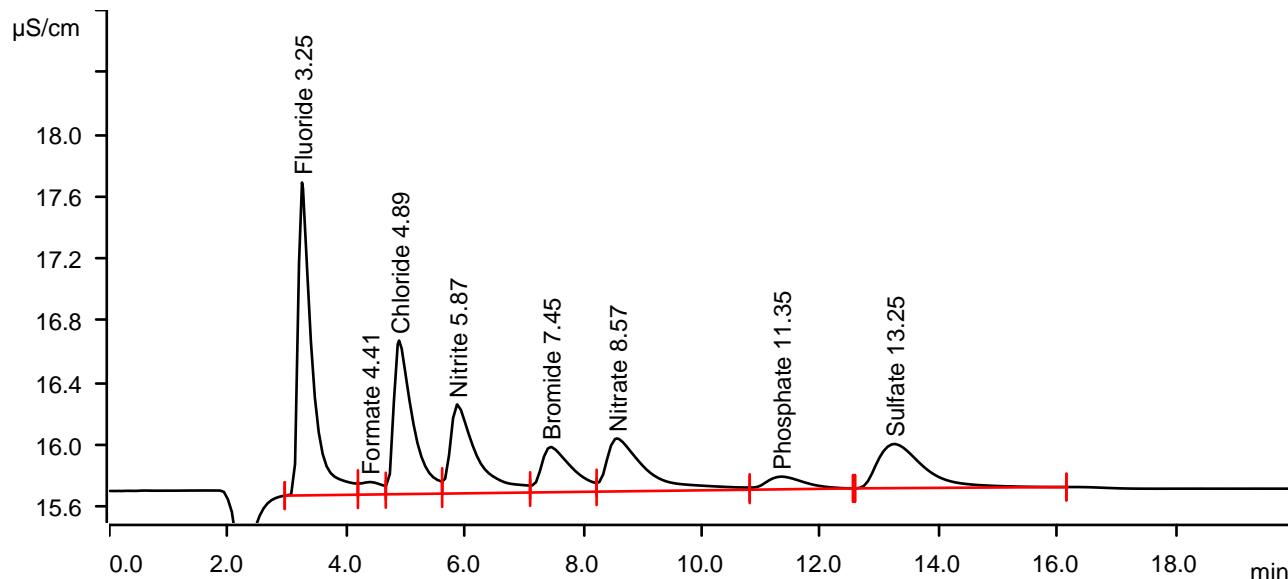
| Peak number | Retention time min | Area ($\mu\text{S}/\text{cm}$) \times min | Height $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Concentration ppm | Component name |
|-------------|-----------------------|--|-----------------------------------|----------------------|----------------|
| 1 | 3.247 | 0.3106 | 1.187 | 1.000 | Fluoride |
| 2 | 4.895 | 0.1677 | 0.485 | 1.000 | Chloride |
| 3 | 5.885 | 0.1102 | 0.261 | 1.000 | Nitrite |
| 4 | 7.478 | 0.0715 | 0.134 | 1.000 | Bromide |
| 5 | 8.607 | 0.1102 | 0.170 | 1.000 | Nitrate |
| 6 | 11.342 | 0.0160 | 0.025 | 1.000 | Phosphate |
| 7 | 13.223 | 0.1230 | 0.138 | 1.000 | Sulfate |

Sample data

Ident 2ppm anion
Sample type Standard 2
Determination start 2023-01-04 15:02:36 UTC+8
Method 15-10-2021-ANION-NC-METHOD
Operator

Anions

Data source Conductivity detector 1 (882 Compact IC plus 1)
Channel Conductivity
Recording time 20.0 min
Integration Automatically
Eluent composition A Supp 5 eluent - 3.2 mmol/L Na₂CO₃ 1.0 mmol/L NaHCO₃
Flow 0.700 mL/min
Pressure 9.58 MPa
Temperature --- °C

Anions

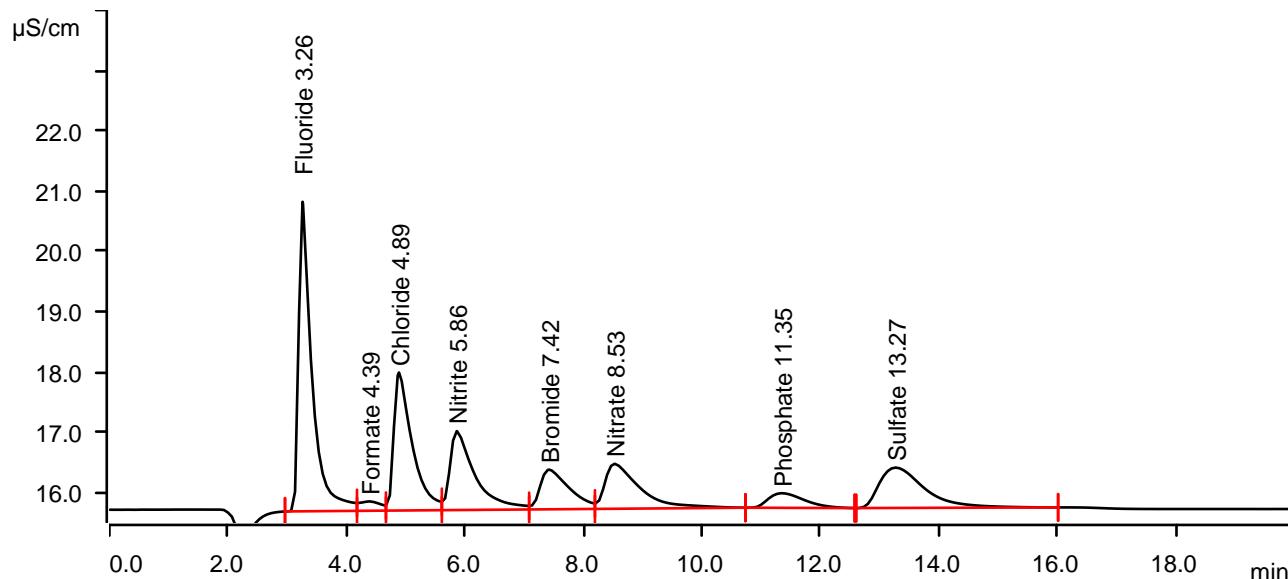
| Peak number | Retention time min | Area ($\mu\text{S}/\text{cm}$) \times min | Height $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Concentration ppm | Component name |
|-------------|-----------------------|--|-----------------------------------|----------------------|----------------|
| 1 | 3.252 | 0.5581 | 2.016 | 1.956 | Fluoride |
| 2 | 4.407 | 0.0337 | 0.080 | 2.000 | Formate |
| 3 | 4.890 | 0.3729 | 0.990 | 2.041 | Chloride |
| 4 | 5.872 | 0.2988 | 0.573 | 2.111 | Nitrite |
| 5 | 7.448 | 0.1772 | 0.291 | 2.080 | Bromide |
| 6 | 8.565 | 0.2633 | 0.341 | 2.067 | Nitrate |
| 7 | 11.347 | 0.0615 | 0.082 | 2.213 | Phosphate |
| 8 | 13.248 | 0.2574 | 0.284 | 2.018 | Sulfate |

Sample data

Ident 5ppm anion
Sample type Standard 3
Determination start 2023-01-04 15:27:03 UTC+8
Method 15-10-2021-ANION-NC-METHOD
Operator

Anions

Data source Conductivity detector 1 (882 Compact IC plus 1)
Channel Conductivity
Recording time 20.0 min
Integration Automatically
Eluent composition A Supp 5 eluent - 3.2 mmol/L Na₂CO₃ 1.0 mmol/L NaHCO₃
Flow 0.700 mL/min
Pressure 9.58 MPa
Temperature ---- °C

Anions

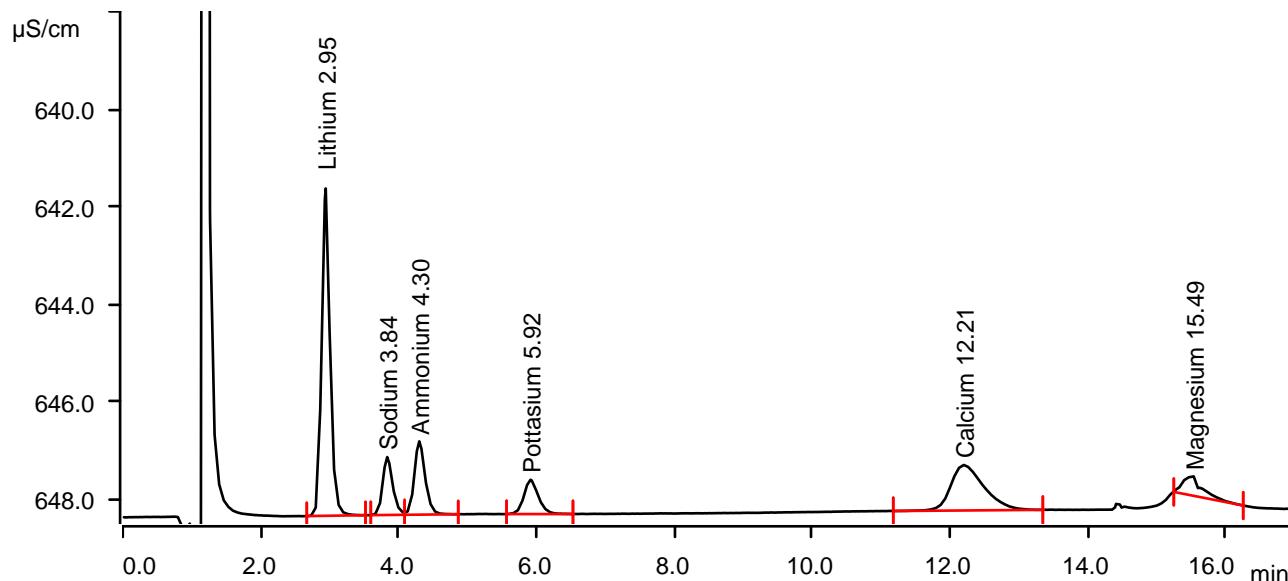
| Peak number | Retention time min | Area ($\mu\text{S}/\text{cm}$) x min | Height $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Concentration ppm | Component name |
|-------------|-----------------------|---|-----------------------------------|----------------------|----------------|
| | | | | | |
| 1 | 3.260 | 1.3362 | 5.137 | 4.944 | Fluoride |
| 2 | 4.390 | 0.0637 | 0.155 | 4.787 | Formate |
| 3 | 4.888 | 0.8248 | 2.290 | 4.912 | Chloride |
| 4 | 5.863 | 0.6420 | 1.310 | 4.916 | Nitrite |
| 5 | 7.422 | 0.3751 | 0.658 | 4.890 | Bromide |
| 6 | 8.525 | 0.5095 | 0.745 | 4.800 | Nitrate |
| 7 | 11.348 | 0.1707 | 0.243 | 5.159 | Phosphate |
| 8 | 13.272 | 0.5925 | 0.670 | 4.937 | Sulfate |

Sample data

Ident cation 1ppm
Sample type Standard 1
Determination start 2023-06-08 11:40:34 UTC+8
Method 0-27-03-2018_NC-CATION-METHOD
Operator

Cation

Data source Conductivity detector 1 (882 Compact IC plus 1)
Channel Conductivity
Recording time 17.0 min
Integration Automatically
Column type Metrosep C 4 100/4.0
Eluent composition C4 eluent - 4.0 mmol/L tartaric acid 0.75 mmol/L dipicolinic acid
Flow 0.900 mL/min
Pressure 5.92 MPa
Temperature °C

Cation

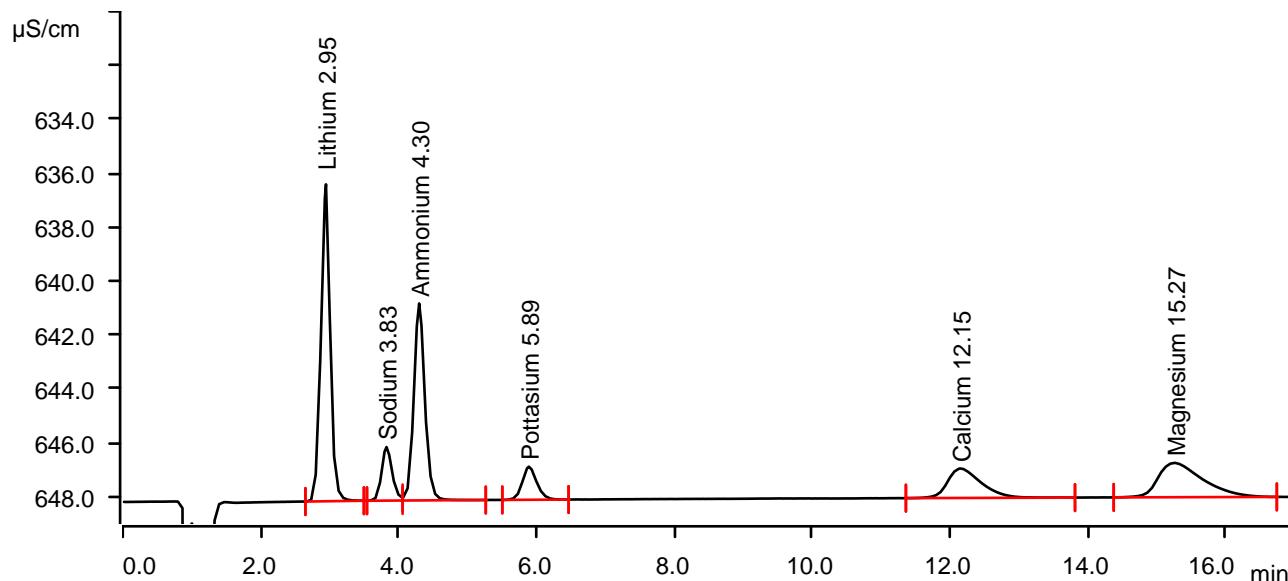
| Peak number | Retention time min | Area ($\mu\text{S}/\text{cm}$) x min | Height $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Concentration ppm | Component name |
|-------------|-----------------------|---|-----------------------------------|----------------------|----------------|
| | | | | | Lithium |
| 1 | 2.947 | 0.9373 | 6.709 | 1.000 | Sodium |
| 2 | 3.838 | 0.1993 | 1.187 | 1.000 | Ammonium |
| 3 | 4.303 | 0.2728 | 1.503 | 1.000 | Potassium |
| 4 | 5.917 | 0.1706 | 0.703 | 1.000 | Calcium |
| 5 | 12.205 | 0.5192 | 0.932 | 1.000 | Magnesium |
| 6 | 15.493 | 0.1295 | 0.380 | 1.000 | |

Sample data

Ident cation 2ppm
Sample type Standard 2
Determination start 2023-06-08 12:06:39 UTC+8
Method 0-27-03-2018_NC-CATION-METHOD
Operator

Cation

Data source Conductivity detector 1 (882 Compact IC plus 1)
Channel Conductivity
Recording time 17.0 min
Integration Automatically
Column type Metrosep C 4 100/4.0
Eluent composition C4 eluent - 4.0 mmol/L tartaric acid 0.75 mmol/L dipicolinic acid
Flow 0.900 mL/min
Pressure 5.98 MPa
Temperature °C

Cation

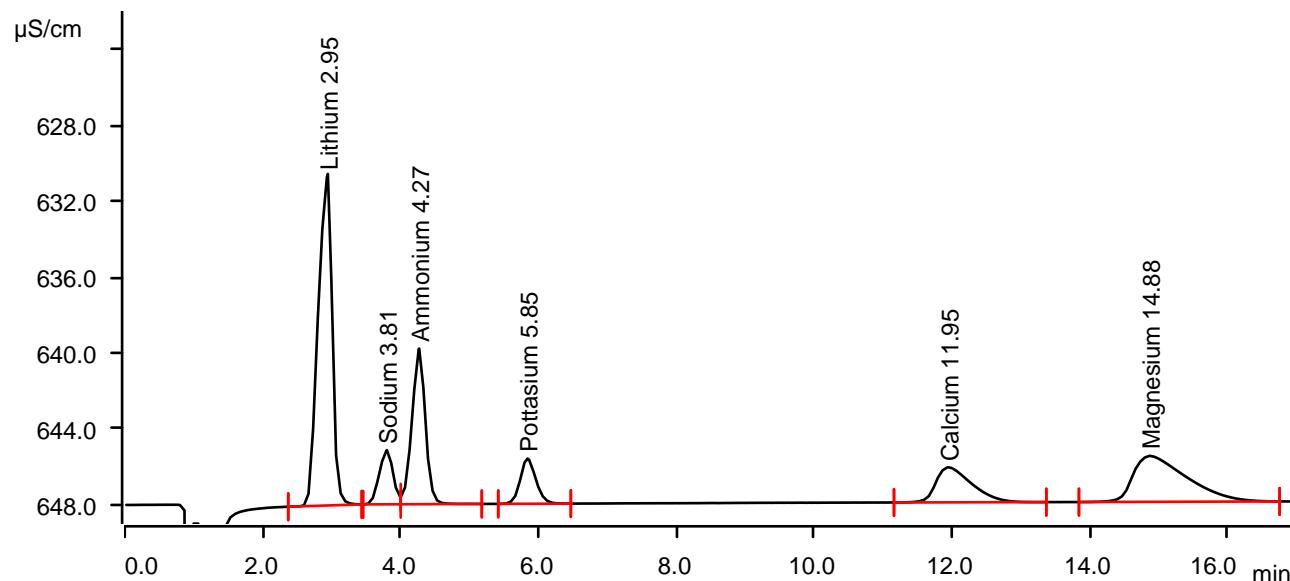
| Peak number | Retention time min | Area ($\mu\text{S}/\text{cm}$) \times min | Height $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Concentration ppm | Component name |
|-------------|-----------------------|--|-----------------------------------|----------------------|----------------|
| 1 | 2.950 | 1.8130 | 11.756 | 1.986 | Lithium |
| 2 | 3.828 | 0.3524 | 1.988 | 1.949 | Sodium |
| 3 | 4.302 | 1.3529 | 7.306 | 2.271 | Ammonium |
| 4 | 5.893 | 0.2983 | 1.228 | 1.944 | Potassium |
| 5 | 12.153 | 0.6171 | 1.093 | 1.760 | Calcium |
| 6 | 15.268 | 0.9533 | 1.274 | 2.341 | Magnesium |

Sample data

Ident cation 5ppm
Sample type Standard 3
Determination start 2023-06-08 12:29:48 UTC+8
Method 0-27-03-2018_NC-CATION-METHOD
Operator

Cation

Data source Conductivity detector 1 (882 Compact IC plus 1)
Channel Conductivity
Recording time 17.0 min
Integration Automatically
Column type Metrosep C 4 100/4.0
Eluent composition C4 eluent - 4.0 mmol/L tartaric acid 0.75 mmol/L dipicolinic acid
Flow 0.900 mL/min
Pressure 5.92 MPa
Temperature °C

Cation

| Peak number | Retention time min | Area ($\mu\text{S}/\text{cm}$) x min | Height $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Concentration ppm | Component name |
|-------------|-----------------------|---|-----------------------------------|----------------------|----------------|
| 1 | 2.948 | 4.1130 | 17.480 | 4.910 | Lithium |
| 2 | 3.805 | 0.6646 | 2.855 | 4.717 | Sodium |
| 3 | 4.273 | 1.8449 | 8.206 | 4.535 | Ammonium |
| 4 | 5.845 | 0.6272 | 2.386 | 4.821 | Potassium |
| 5 | 11.950 | 1.1096 | 1.848 | 4.559 | Calcium |
| 6 | 14.875 | 2.1759 | 2.421 | 5.054 | Magnesium |

LAMPIRAN B

Lampiran B adalah bagi manuskrip.

Synthesis of Slow-Release Biofertilizer from Aquaculture Sludge

(Penghasilan Biobaja Pelepasan Perlahan dari Enapcemar Akuakultur)

Azrul Zulhilmi Ahmad Rosli^{a,b}, & Siti Rozaimah Sheikh Abdullah^{a,b},

^aChemical Engineering Programme,

^bFaculty of Engineering & Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia

*Corresponding author: a173752@siswa.ukm.edu.my

ABSTRACT

The development of the aquaculture industry will grow by 37% in 2030 compared to 2016. This development will go hand in hand with the problem of pollution caused by the aquaculture industry. If sludge from aquaculture is not properly treated, pollution problems such as eutrophication in the discharge area. The recovery of nutrients from sludge can be used in the manufacture of slow release biofertilizers. The main objective of this research is to determine the nutrient content in aquaculture sludge, to produce, characterize a slow release biofertilizer synthesized from aquaculture sludge, and to determine the effect of slow release biofertilizer on plant growth. Slow release biofertilizers are produced to reduce the negative impact on the environment compared to conventional fertilizers. The main material that will be used is urea-formaldehyde as a coating and metric for nutrients from sludge. The process that will be carried out is condensation and sublimation. Sludge characterization will be done and the sludge has nutrient concentrations for nitrate (59 mg/g), nitrate (2 mg/g), phosphorus (10290 mg/g), ammonium (440 mg/g), and potassium (397 mg/g). . Therefore, aquaculture sludge is suitable as a slow release biofertilizer due to its high nutrient content. Next, it was found that the rate of nutrient release in the slow release biofertilizer continued to increase until the 15th day for all mediums while conventional fertilizer showed that nutrients had reached a constant rate. Based on the water medium together with slow-release biofertilizers and conventional fertilizers, slow-release biofertilizers have a much lower nutrient release rate than conventional fertilizers, namely potassium (47%), phosphorus (65%), ammonium (32%), nitrate (20%), and nitrite (30%). Nutrient release rates for conventional fertilizers all exceed 95% after day 15. Plant performance in slow release biofertilizers has been observed. Okra trees in slow release biofertilizer showed positive development while conventional and control fertilizers showed a decrease. This is because the plants in the slow release biofertilizer have seven living plants while for the conventional and control fertilizers only 4 and 1 are alive. If viewed in terms of the relative growth rate based on height, biofertilizer release shows a decrease like conventional fertilizer use and control. This is because the plants are mature after the 14th day. The relative rate of growth based on the number of leaves showed an increase starting on the 7th day to the 21st day for all types of medium used while it decreased on the 28th day. Finally, the relative rate of plants based on dry weight showed an increase on day 14 and a decrease on day 28 due to mature plant conditions. In conclusion, the sludge used has a high amount of nutrients and the slow release biofertilizer produced is better than conventional fertilizer in terms of periodic nutrient release.

Keywords: Aquaculture sludge; Slow release biofertilizers; Nutrient recovery; Urea-formaldehyde; Macronutrients and micronutrients

ABSTRAK

Perkembangan industri akuakultur akan berkembang sebanyak 37% pada tahun 2030 berbanding tahun 2016. Perkembangan ini akan berjalan seiring dengan masalah pencemaran yang berpunca daripada industri akuakultur. Jika enapcemar dari akuakultur tidak dirawat dengan baik, masalah pencemaran seperti eutrofikasi di dalam kawasan nyahcas. Pemerolehan semula nutrien daripada enapcemar dapat digunakan dalam pembuatan biobaja pelepasan perlahan. Objektif utama bagi uji kaji ini adalah untuk menentukan kandungan nutrien di dalam enapcemar akuakultur, untuk menghasilkan, mencirikan biobaja pelepasan perlahan yang disintesis daripada enapcemar akuakultur, dan untuk menentukan kesan biobaja pelepasan perlahan terhadap pertumbuhan tumbuhan. Biobaja pelepasan perlahan dihasilkan bagi mengurangkan impak negatif kepada persekitaran berbanding baja konvensional. Bahan utama yang akan digunakan adalah urea-formaldehid sebagai penyalut dan metrik kepada nutrien daripada enapcemar. Proses yang akan dijalankan adalah kondensasi dan pemelajasan. Pencirian enapcemar akan dilakukan dan enapcemar mempunyai kepekatan

nutrien bagi nitrat (59 mg/g), nitrat (2 mg/g), fosforus (10290 mg/g), ammonium (440 mg/g), dan kalium (397 mg/g). Oleh itu, enapcemar akuakultur sesuai dijadikan sebanyak biobaja pelepasan perlahan kerana kandungan nutriennya yang tinggi. Seterusnya, didapati kadar pelepasan nutrien di dalam biobaja pelepasan perlahan terus meningkat sehingga hari ke-15 bagi semua medium manakala baja konvensional menunjukkan nutrien sudah mencapai kadar tetap. Berdasarkan medium air bersama biobaja pelepasan perlahan dan baja konvensional, biobaja pelepasan perlahan mempunyai kadar pelepasan nutrien yang jauh lebih rendah berbanding baja konvensional iaitu kalium (47%), fosforus (65%), ammonium (32%), nitrat (20%), dan nitrit (30%). Kadar pelepasan nutrien bagi baja konvensional semuanya melebihi 95% selepas hari ke-15. Prestasi tumbuhan didalam biobaja pelepasan perlahan telah diperhatikan. Pokok bendi di dalam biobaja pelepasan perlahan menunjukkan perkembangan yang positif manakala baja konvensional dan kawalan menunjukkan penurunan. Ini kerana tumbuhan di dalam biobaja pelepasan perlahan mempunyai tujuh tumbuhan yang hidup manakala bagi baja konvensional dan kawalan hanya 4 dan 1 sahaja yang hidup. Jika dilihat dari segi kadar relatif pertumbuhan berdasarkan ketinggian, biobaja pelepasan menunjukkan penurunan seperti penggunaan baja konvensional dan kawalan. Ini kerana keadaan tumbuhan yang sudah matang selepas hari ke-14. Kadar relatif pertumbuhan berdasarkan bilangan daun menunjukkan peningkatan bermula pada hari ke-7 hingga hari ke-21 bagi semua jenis medium yang digunakan manakala menurun pada hari ke-28. Akhir sekali, kadar relatif tumbuhan berdasarkan berat kering menunjukkan peningkatan pada hari ke-14 dan penurunan pada hari ke-28 kerana keadaan tumbuhan yang sudah matang. Kesimpulannya, enapcemar yang digunakan mempunyai jumlah nutrien yang tinggi dan biobaja pelepasan perlahan yang dihasilkan adalah lebih baik berbanding dengan baja konvensional dari segi pelepasan nutrien secara berkala..

Kata Kunci: Enapcemar akuakultur; Biobaja pelapasan perlahan; Pemerolehan semula nutrien; Lignin urea-formaldehid; Makronutrien dan mikronutrien

INTRODUCTION

The United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) reported in 2018 that the aquaculture sector is expanding more quickly than any other area of food production. The aquaculture industry is a form of agriculture that involves the breeding, cultivation, and marketing of aquatic animals and plants in a controlled environment (Pillay 2004). There are three types of aquaculture systems, namely saltwater aquaculture, freshwater aquaculture, and land-based aquaculture. Based on Pillay (2004), the main types of waste in hatcheries

or production farms can be divided into three parts, namely food waste and faecal matter, metabolic products, and biocide and biostat waste. The natural feeding habits of fish species, fish stocking density, total fish biomass, food waste, rate of input feed, water quality, and water management that affect nutrient uptake by fish, as well as water production waste, are the main causes of aquaculture sludge. (Rafiee et al. 2005). The determination of macronutrient and micronutrient content in sludge is important to determine the appropriate technology or process in nutrient recovery. Table 1 shows the nutrient percentage and recovery of nutrients in sludge.

TABLE 1. Nutrient percentage and recovery of nutrients in aquaculture sludge

| Types of nutrients | Percentage in sludge (%) (based on dry matter) | Recovery percentage (%) |
|--------------------|--|-------------------------|
| Nitrogen, N | 6 | - |
| Phosphorus, P | 18 | 54.2 |
| Potassium, K | 6 | 26-71 |
| Calcium, Ca | 16 | 64.95 |
| Magnesium, Mg | 89 | 57.29 |
| Ferum, Fe | 24 | NA |
| Mangan, Mn | 86 | 13.18 |
| Zink, Zn | 47 | 24.60 |
| Copper, Cu | 22 | 21.79 |
| References | Goddek et al. (2019) | Delaide et al. (2018) |

Source: Zhang et al. 2021

There are various methods or technologies that can be used for the sludge nutrient recovery process such as based on biofiltration, physical filtration, and chemical filtration. The fertilizer industry faces a confronts a continuing challenge to improve its products to maximize the effectiveness their use, and to reduce any potential negative effects on the environment. Fertilizer is a chemical or natural substance added to soil or soil to improve its fertility. The main components in fertilizer are nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) (Fu et al. 2018). Various types of fertilizers are introduced such as chemical fertilizers, slow-release fertilizers and so on which have their own advantages and disadvantages. To ensure that food supply keeps pace with the growth in global population, a forecast of fertilizer demand is required. (Yahya 2018). Increasing the amount of fertilizer use will have negative effects on the environment such as increasing soil acidity, harmful emissions, causing groundwater pollution, etc. This happens because the release rate per unit time of nutrients is usually much higher than the absorption rate by plants (Pang et al. 2018). Based on Fertahi et al. (2021), only a portion of conventional fertilizers are used by plants and the remainder is lost to the environment. Leaching, mineralization, NH₃ volatilization, gaseous emissions such nitric oxide, soil erosion, and denitrification processes all result in the loss of between 40-70% of the nitrogen content. The goal of using slow-release fertilizers is to ensure that no nutrients should be limited for plant uptake, there should be an increase in nutrient absorption efficiency, and the potential for nutrient leaching should be reduced. Although nutrients are released from slow-release fertilizers (SRFs) more slowly than usual, the pace, pattern, and length of the release are not well controlled. (Trenkel 2010).

METHODOLOGY

Analysis of Macronutrients and Micronutrients in Aquaculture Sludge

Aquaculture sludge will be separated first using the sedimentation method for 3 days. Excess water from the aquaculture sludge sedimentation process will be removed and the sludge will be dried for a week until completely dry. After that, the sludge solids will be crushed using an electric powder grinder until it becomes powder. A ratio of 1:10, sludge (4 g) to deionized water (40 mL) will be used in the process of dissolving sludge in water for sample preparation. The sample will be put through a centrifuge tube and a multi-rotor shaker (DE-2008, China) at 60 rpm for an hour (Hoskins et al. 2009). Next, the centrifuge tube was put into a centrifuge (Centrifuge 5810, Germany) at 4000 rpm for 10 min. Then, the sample will be separated

between solid and liquid using a vacuum filter (DOA-P504-BN, Texas). The separated liquid will be put into a 10 mL ion chromatography tube for each sample anion and cation. Samples were analyzed using ion chromatography (Morphy/882 Compact IC Plus).

Synthesis of Slow Release Biofertilizer

50 ml of distilled water was measured and 10 g of urea was weighed and put into a beaker with a capacity of 250 mL. Next, the mixture in the beaker was heated at a temperature of 27 °C for 10 min and at a speed of 80 rpm using a magnetic stirrer. Next, 6.5 g of formaldehyde and 50 mL of distilled water were put into a beaker and heated at a temperature of 60°C for 2 hours and at a speed of 80 rpm. After that, 10 g of aquaculture sludge was mixed in the beaker slowly and heated at a temperature of 27°C for 10 min and at a speed of 80 rpm. After that, the pH of the sample will be analyzed to ensure it is in the 7-8 range. If the pH is not reached, add a few drops of 4% (m/m) NaOH solution or distilled water into the mixture for 10 min at 80 °C and 80 rpm. Finally, the mixture will be dried in an oven at a temperature of 35°C until an even weight is reached (González-Hurtado et al. 2021; Martínez et al. 2019; Pang et al. 2018).

Characterization of Slow-Release Biofertilizers in Water

15 g of slow release biofertilizer will be soaked in 600 mL of water at room temperature (28°C). The analysis will be carried out for 4 weeks to see the percentage of nutrients released. Samples will be taken every 2 days for 2 weeks. The sample will be sent to the laboratory to determine the content of nitrogen, potassium, and phosphorus. The content of nitrogen, phosphorus, and potassium will be determined using ion chromatography. This step will be repeated using chemical fertilizers by replacing slow-release biofertilizers (Martínez et al. 2019).

Characterization of Slow-Release Biofertilizers in Soil and Sand

15 g of slow release biofertilizer will be mixed with 500 g of soil (under 2 mm diameter) and stored in a 1000 mL beaker covered for 2 weeks at room temperature (28°C). Next, 500 mL of distilled water was added to the beaker. 500 g of soil will be isolated as a control sample. Samples will be taken every 2 days for 2 weeks. The sample will be sent to the laboratory to determine the content of nitrogen, potassium, and phosphorus. The content of nitrogen, phosphorus, and potassium will be determined using ion chromatography. This step will be repeated using chemical fertilizers by

replacing slow release biofertilizers (Martínez et al. 2019). Figure 1 shows experimental arrangement for the characterization of slow-release rates of slow-release biofertilizers and conventional fertilizers.

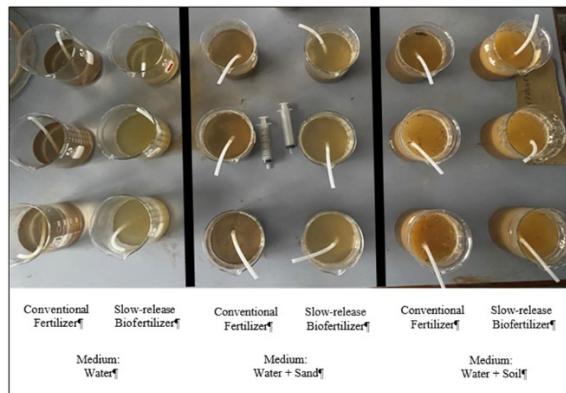


Figure 1 Experimental arrangement for the characterization of release rates of slow-release biofertilizers and conventional fertilizers.

Cultivation of Plants in Slow-Release Biofertilizers

Determine the relative growth rate of plants based on the type of slow release biofertilizer and conventional fertilizer using soil medium. The field experiment was conducted in the Greenhouse, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) in 2023 with the experimental period (May to July). The experiment started with a nursery of okra bean seedlings branded Grabbit for a week in cotton mixed with water. After that, the okra seedlings will be transplanted into a nursery containing garden soil with a concentration of 0.50% (w/w) nitrogen, 0.40% (w/w) phosphorus, and 0.50% (w/w) potassium. Garden land was purchased from Kean Beng Lee Indsutries (M) Sdn. Bhd. Figure 2 shows the sown okra seedlings.



Figure 2 Okra seedling nursery

Plants in the Soil Medium

The okra tree from the nursery will be transplanted into a larger site filled with soil from the plant house. This study uses soil medium as a constant enabler. There are nine sites that will be used for manipulators, three for slow release biofertilizer, three for conventional fertilizer, and three for control. The amount of fertilizer nutrients used for slow-release biofertilizer, and conventional fertilizer is the same, which is 10 g of slow-release biofertilizer and 2 g of conventional fertilizer. Each site will have only three trees to ensure that the plants can live healthily and with less competition (Rahman 2016). Observation of the okra tree will be observed every day in the first week and once a week in the following week for a month. Wet and dry weight of trees will be taken five times throughout the trial period for slow release biofertilizer, conventional fertilizer, and control. Okra trees will be taken separately from the three sites provided. Figure 3 shows arrangement of plants in the soil.

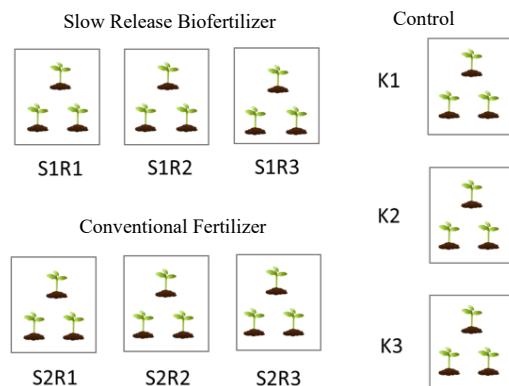


Figure 3 Arrangement of plants for observation and relative rates of plants.
 (S1= slow release biofertilizer, S2= conventional fertilizer, K= control)

DATA COLLECTION

Macronutrient and Micronutrient Content

After being analyzed, the amount of nitrogen, phosphorus, and potassium content in the sludge was plotted and compared with urea, conventional fertilizer, slow release biofertilizer, sand, and soil. A graph will be plotted based on the composition of the content against the nutrient.

Determination of Slow Release Biofertilizers in Water, Sand, and Soil

The main data are the slow-release rates of nitrite, nitrate, ammonium, phosphorus, and accumulated potassium. Calculation and analysis will be done for slow release biofertilizer and conventional fertilizer for the three replicates prepared. Alternatively, the mean of the data will be calculated and then a graph of the accumulated nutrient release rate against the day will be plotted for both fertilizers. This is done to show the difference between slow release biofertilizers and conventional fertilizers. This step is repeated for soil and sand medium.

Observations on Plant Height

The okra seedling time with the same amount of fertilizer nutrients used will be measured for a period of one month. Observations are done once a week for a month.

Relative Growth Rate (RGR)

Growth analysis is a widely used analytical tool to characterize plant growth. Of the parameters usually calculated, the most important is relative growth. The relative rate of growth will be calculated based on Hoffman et al. 2002 as shown in Formula (1)

$$r = \frac{\ln(W_2) - \ln(W_1)}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

where,

r = relative growth rate (g/day)
 W1 = plant dry weight (initial) (g)
 W2 = plant dry weight (final) (g)
 t1 = plant start time (days)
 t2 = plant time taken (days)

The RGR will calculate based on the height, number of leaves and dry weight of the plant.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Characterization of Aquaculture Sludge

Characterization was done using ion chromatography to identify the presence of nitrite, nitrate, ammonium, phosphorus, and potassium in aquaculture sludge. Figure 4 shows a graph of nutrients in aquaculture sludge.

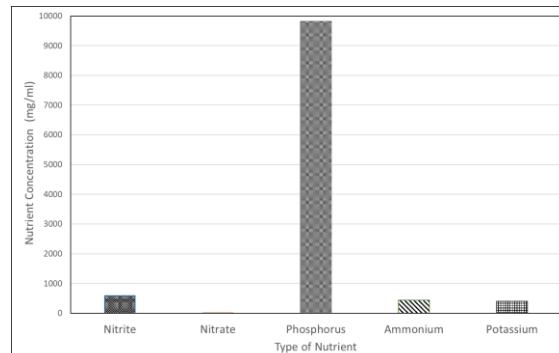


Figure 4 Nutrient concentration in aquaculture sludge.

Based on Figure 4, nitrite, nitrate, and ammonium represent the nitrogen content in the aquaculture slurry. Based on the results obtained, aquaculture sewage has the highest concentration of phosphorus which is 87% compared to others and is followed by Nitrite, ammonium, and potassium of 5%, 4%, and 4%. The concentrations of phosphorus, ammonium, potassium, nitrite, and Nitrate obtained from 4 g of aquaculture sludge were 9820 mg/ml, 592.8 mg/ml, 439.8 mg/ml, 396.7 mg/ml, and 11.4 mg/ml.

Based on Alnawajha et al. (2022) and Zhang et al. (2022), phosphorus has a higher concentration of nutrients compared to others, followed by nitrogen. However (Pillay 2004), shows that nitrogen content is higher compared to phosphorus by 4 times. The concentration of nutrient content in aquaculture is influenced by the type of farm animals, the state of the aquaculture ecosystem, the composition of fish food, and the results of metabolism. For example, the phosphorus content can change from time to time such as in the first week the phosphorus content is 1.7% and the second week becomes <1.0% (Pillay 2004). This shows that using the same resource will also produce different amounts of nutrients.

Nutrient Concentration in Fertilizer

Materials used in slow release biofertilizer production and analysis have been characterized. This is to differentiate the nutrient content of each material used and to prove that nutrients in aquaculture sludge can be used in the production of slow release biofertilizers. Figure 5 shows the difference in nutrient concentration for aquaculture sludge, urea, conventional fertilizer, slow release biofertilizer, sand, and soil.

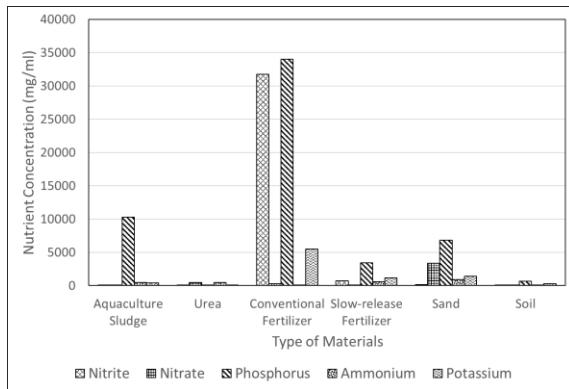


Figure 5 Differences in nutrient concentrations

From Figure 5, the nutrient content in conventional fertilizer has the highest compared to other ingredients for nitrite and phosphorus but no nitrate content can be detected. In addition, for nitrate content, sand has the highest concentration of 4 g of characterized samples. Based on the data obtained, it can be seen that the nutrient content of sand exceeds soil. For example, the concentration of phosphorus in sand is 6796 mg/ml but in soil is 657 mg/ml. This happened because the sand was taken from the Greenhouse, Universiti Kebangsaan Malaysia. The Greenhouse is where students do research. There is a possibility that the sand taken has been mixed with other nutrients while being used by other students.

Next, aquaculture sludge has a higher Nitrite concentration than urea, which is 59 mg/g for sludge and 13 mg/ml for urea. Phosphorus concentration is also high in aquaculture sludge which is 10290 mg/ml compared to urea which is 7 mg/ml. Therefore, the production of slow release biofertilizers does not have a significant impact on nutrient use because nutrients in aquaculture sludge are higher than urea.

From Figure 5, conventional fertilizers have the highest concentration of phosphorus and Nitrite among all. If it is seen that there is a decrease in phosphorus when slow release biofertilizer is produced despite using the same amount when characterized. This is because the liquefaction during the slow release biofertilizer production process and the nutrients in the sludge can change based on the type of fish and the day the sludge is taken (Pillay 2004).

Slow Release Biofertilizer Production

Observations are made during the production of slow release biofertilizers. There are two types of slow release biofertilizers that are produced if the parameters used are well controlled. Figure 4.4 and Figure 6 (a) and (b) show homogeneous and non-homogeneous slow release biofertilizer conditions.

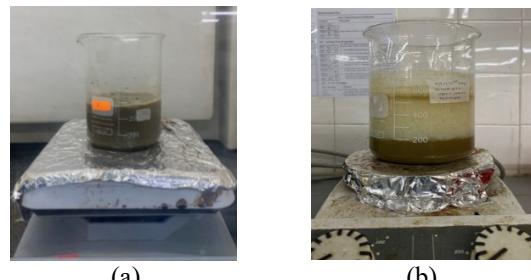


Figure 6 Homogeneous (a) and non-homogeneous (b) slow release biofertilizer conditions

Formulation is the main parameter that controls nutrient release rates. It depends on the component and its compatibility, its hydrophilic or hydrophobic nature, and its concentration (Fertahi et al. 2021). Formulation is the main parameter that controls nutrient release rates. It depends on the component and its compatibility, its hydrophilic or hydrophobic nature, and its concentration (Rivera et al., 2021). The hydrophobic/hydrophilic nature of the formulation used in the preparation of the coating is an important parameter for the nutrient release rate. When the coating material is hydrophobic, the interaction between the coating and water is weak. This lack of interaction prevents the penetration of large quantities of water into the fertilizer core and it reduces dissolution (Fertahi et al., 2021). So, urea-formaldehyde is suitable for use as a coating but parameters such as temperature must be controlled to ensure that the resulting solution is homogeneous.

Nitrite Release Rate

Nitrite release rate was determined based on Nitrate concentration using ion chromatography. Figure 7 shows the nitrite release rate of slow-release biofertilizer and conventional fertilizer for 15 days.

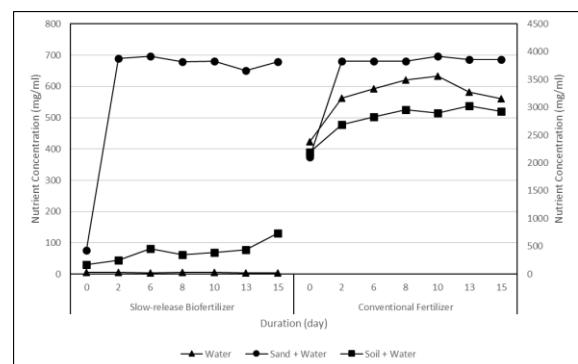


Figure 7 Nitrite release rates for slow release biofertilizers and conventional fertilizers

Based on Figure 7, the nitrate release rate at the beginning of the experiment did not show any high nutrient production in all mediums. For

the medium of sand and water, the level of Nitrate released is high compared to other mediums and remains at a constant rate until the 15th day. On the 2nd day, the nutrient content released is called the "burst effect" (Ramli 2019).

Next, for the soil medium with water, an increase in Nitrite can be seen starting from the 6th day and the 15th day. The gradual increase indicates that the slow-release biofertilizer has released its nitrite content periodically. The nutrient release is aided by soil moisture content and also aided by microbial activity. In addition, the release of nitrite in the water medium alone did not show a big change but the concentration of nitrite was increasing day by day. A total of 35% of nitrite was released on the 15th day for the water medium based on the amount of Nitrite used at the beginning of the experiment.

In addition, conventional fertilizers show a rapid and rapid increase in Nitrite release resulting in high initial concentrations. The release of nitrite reached a constant level in the 2nd day for all types of medium and showed a faster release of nitrogenous compounds compared to slow-release fertilizers. The rapid release of nitrite from conventional fertilizers has the potential to cause nutrient leaching and environmental pollution if not promptly absorbed by plants. Based on the water medium, as much as 95% of nitrates are released after the 15th day for conventional fertilizers. This means that the nitrite release rate of conventional fertilizers is higher compared to slow release biofertilizers produced. The total concentration of nitrates in conventional fertilizers is higher compared to slow release biofertilizers produced. Therefore, there will be a difference in nitrite concentration during the determination of nitrite release rate.

Nitrate Release Rate

Nitrate release rate was determined based on nitrate concentration using ion chromatography. Figure 8 shows the nitrate release rate of slow release biofertilizer and conventional fertilizer for 15 days.

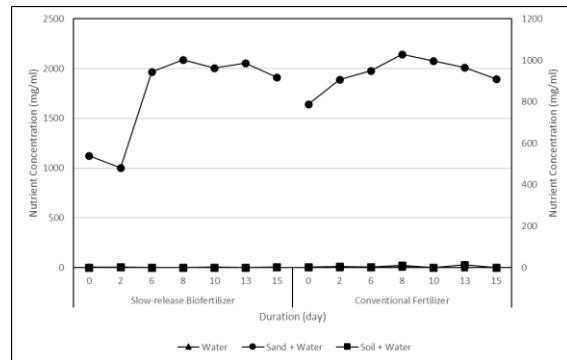


Figure 8 Nitrate release rates for slow release biofertilizers and conventional fertilizers

Based on Figure 8, nitrate emission rates for soil and water medium show small changes and can be considered the same all the time because the concentration is too little. However, for the water medium, the amount of nitrate released is only 20% of the total amount given. This means that there are still many Nitrates that have not been released. In addition, for the sand mixed with water medium, a high rate of nutrient release occurred on the 6th day and remained at a constant rate until the 15th day.

Next, the nitrate content of soil and water medium is the same as the use of slow release biofertilizer where there is no significant change. nitrate release for conventional fertilizer shows that the rate of nutrient release is constant from the first day to the 15th day. This happens because conventional fertilizers do not have any coating to slow down the nutrient release process. In addition, the amount of nitrates in the slow release biofertilizer produced is higher compared to conventional fertilizers. Therefore, nitrate concentration will be higher in slow release biofertilizers.

Phosphorus Release Rate

Phosphorus release rate was determined based on phosphorus concentration using ion chromatography. Figure 9 shows the Nitrate release rate of slow release biofertilizer and conventional fertilizer for 15 days.

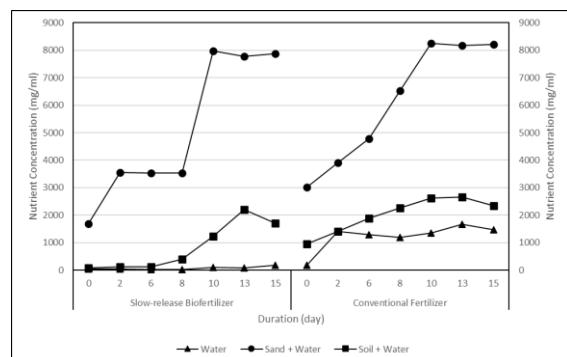


Figure 9 Phosphorus release rates for slow release biofertilizers and conventional fertilizers

Based on Figure 9, the release of phosphorus for the sand mixed with water medium occurs on the 2nd and 10th day. For the medium of soil mixed with water, starting on the 6th day, the proportional release of phosphorus continues until the 13th day. This also happens in water medium with slow release biofertilizer until day 15. This shows the periodic release of phosphorus for the slow release biofertilizer produced. Based on the water medium, the slow release biofertilizer released is as much as 65% of the total amount of phosphorus used.

In addition, for conventional fertilizers, the medium of soil mixed with water and sand mixed with water showed a constant phosphorus release rate on the 10th day but in the water medium it showed a constant phosphorus release on the 2nd day. This is due to the occurrence of microbial activity in the soil and sand medium which increases the concentration of nutrients.

Ammonium Release Rate

Ammonium release rate was determined based on ammonium concentration using ion chromatography. Figure 10 shows the Nitrate release rate of slow release biofertilizer and conventional fertilizer for 15 days.

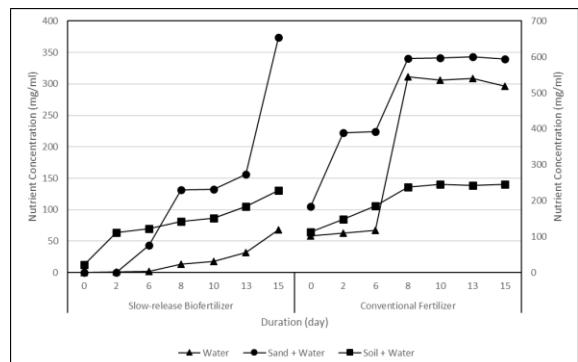


Figure 10 Ammonium release rates for slow release biofertilizers and conventional fertilizers

Based on Figure 10, for the slow release biofertilizer, the soil medium mixed with water showed consistent ammonium release starting from the first day to the 15th day. An increase in the release of ammonium in the water can also be seen from the 6th day to the 15th day. Sand medium with water showed significant improvement on day 8 and day 15. This is because the slow release biofertilizers produced, release nutrients little by little. A significant increase in the sand medium occurs because sand releases nutrients more easily than soil. Only 32% of ammonium was released after the 15th day for the water medium with slow release biofertilizer.

In addition, conventional fertilizer also showed an increase in ammonium but only until the 6th day and a constant rate until the 15th day. This applies to all mediums used. This happens because conventional fertilizers do not have a coating to withstand the gradual release of nutrients. Based on water medium with conventional fertilizers, more than 98% of ammonium is released on the 6th day from the total amount of ammonium supplied.

Potassium Release Rate

Potassium release rate was determined based on potassium concentration using ion chromatography. Figure 11 shows the potassium release rate of slow release biofertilizer and conventional fertilizer for 15 days.

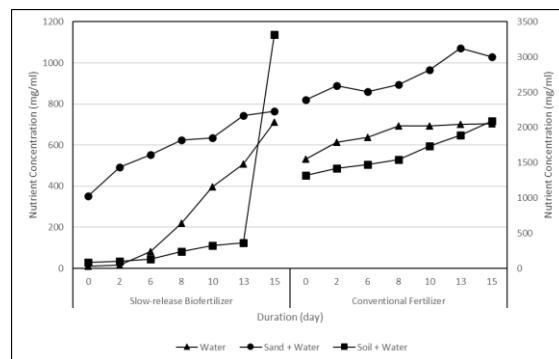


Figure 11 Potassium release rates for slow release biofertilizers and conventional fertilizers

Based on Figure 11, for slow release biofertilizers, the release of potassium for the water medium showed a high increase starting from the 6th to the 15th day. The state of potassium release in the sand medium is directly proportional and consistent from the first day to the 15th day. Next, the potassium release rate showed a gradual increase from the first to the 13th day for the soil medium but on the 15th day a high increase in potassium release occurred. This is caused by the inhomogeneous urea-formaldehyde matrix coating and causes water to easily break the coating and release a lot of nutrient content. Based on water medium and slow release biofertilizer, only 47% of the potassium content is released after the 15th day.

For conventional fertilizers, all three mediums showed a consistent release of potassium because there was not much difference between the days. The concentration of potassium is higher in the medium of water and sand than in soil because the release of potassium in water and sand is easier than in soil. Based on water medium with conventional fertilizers, more than 98% of

potassium is released on the 6th day from the total amount of potassium supplied.

Comparison of Nutrient Release rate

Nutrient release rates will be compared with previous studies. Table 2 shows the nutrient release rate for the experiment conducted and previous studies.

TABLE 2. Nutrient release rates using different methods

| Types of nutrients | Type of Coating | Nutrient Release Rate | Reference |
|--|--------------------------------------|--|--------------------------|
| Aquaculture sludge | Urea-formaldehyde matrix | After 15 days: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Potassium: 47% ▪ Phosphorus: 65% ▪ Ammonium: 32% ▪ Nitrate: 20% ▪ Nitrite: 35% | The experiment conducted |
| Marine plants: <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Thalassia testudinum</i> (Thr) ▪ <i>Syringodium filiforme</i> (Sr) | Urea-formaldehyde matrix | After 30 days: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Potassium: 18-32% ▪ Nitrogen: 18-26% ▪ Phosphorus: 12-20% | Yasnay et al. (2021) |
| Microalgae: <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Chlorella sp</i> (CHLO) ▪ <i>Nannochloropsis sp</i> (NANNO) | Polymeric Urea-formaldehyde matrix | After 30 days: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Potassium: 46-50% ▪ Nitrogen: 26-48% ▪ Phosphorus: 26-32% | Siverio et al. (2020) |
| Inorganic compound: Dipotassium phosphate, K_2HPO_4 | Urea-formaldehyde matrix with lignin | After 21 days:: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Potassium: 80.64% ▪ Nitrogen: 67.41% ▪ Phosphorus: 85.34% | Pang et al. (2018) |

Based on Table 2, the nutrient release rate from the experiment conducted is almost the same as the previous reference although there are some that have different values.

Observation of Plants

Plant observations were observed for each week for a month for slow release biofertilizer, conventional fertilizer, and control without any fertilizer. Table 3 shows observations of plants in the soil.

TABLE 3. Observation of plants

| Time Period, days | Type of Fertilizer | | |
|----------------------|---|--|---|
| | Slow-release Biofertilizer | Conventional Fertilizer | Control |
| First day |  |  |  |
| Day-7 |  |  |  |
| Day-14 |  |  |  |
| Day-21 |  |  |  |
| Day-28 |  |  |  |

Based on Table 3, on the first day after transplanting the plants from the nursery, the plants showed wilting for all types of fertilizers used. This is because the plant is adapting to the new environment. On the 7th day, all the plants using the slow release biofertilizer grew faster compared to the conventional fertilizer and the control. On the 14th day, eight out of nine plants were alive for the slow release biofertilizer while for the conventional fertilizer six out of nine plants were alive. Plants in the control that is without fertilizer only four managed to grow after 14 days. On the 21st day, the plants in the slow release biofertilizer were still the same as on the 14th day, growing healthy. For conventional fertilizers, one out of five living plants withered due to competition for nutrients. Only two plants survived in the control medium. This is due to the lack of nutrients obtained.

On the 28th day, it was found all plants were still alive in the application of slow release biofertilizer. This indicates that nutrients are released slowly to reduce the rate of nutrient loss. For the use of conventional fertilizers, one out of five plants have withered because there is competition for nutrients. The control medium also showed the same thing where one out of two plants had withered because the nutrients in the soil were getting less and less. Therefore, the use of slow release biofertilizer can last for 28 days with only one application of fertilizer while conventional fertilizer can only last until the 14th day when the plant starts to show the wilting process. In addition, three out of six plants that used slow release biofertilizers had young okra seedlings. This happens because the nutrients supplied are sufficient.

Relative Growth Rate of Plant

The relative rate of growth will be based on the height, number of leaves, and dry weight of the plant. Figure 12 shows the relative rate of growth based on height and number of leaves.

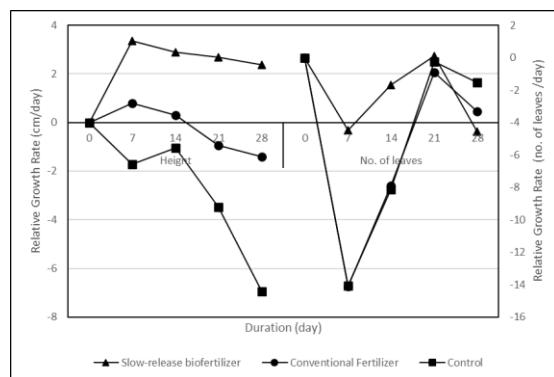


Figure 12 Relative rate of growth based on height and number of leaves

Based on Figure 12, plants that use slow release biofertilizer grow faster in the first seven days. Plants in the control showed a decrease in height because the plants took time to find nutrients in the soil when compared to others where nutrients were supplied. On the 14th day, the plants in the slow release biofertilizer and the conventional fertilizer were not as fast as in the previous week. The plants in the control are already showing positive growth although there are some dead plants. Next, all mediums showed a decrease in the relative growth rate for height on the 21st and 28th day. This is because the plant used is one month after the nursery and in the 6th week, the plant used, which is the okra tree, has started to mature. Therefore, mature plants will cause growth to slow down. However, the relative rate of growth for the use of slow release biofertilizers only showed an insignificant decrease and unlike the use of conventional and control fertilizers.

Next, if seen in the first week the number of leaves for all mediums shows a decrease. The plant has already withered and caused some of its leaves to fall because the plant takes time to adapt to the new environment. On the 14th and 21st day, all plants showed an increase in the number of positive leaves compared to the 7th day. This happens because the plants have started to adapt and get enough nutrients. Next, on day 28, all mediums showed a decrease in the number of leaves. The leaves on the bottom will wither faster than the ones on top because the sunlight does not reach. This is especially true for the use of slow release biofertilizers. It can be seen in Table 12, the slow release biofertilizer has thick leaves at the top causing the leaves below to wither. Conventional and control fertilizers showed a decrease due to the lack of nutrients supplied. Figure 13 shows the relative growth rate based on plant dry weight.

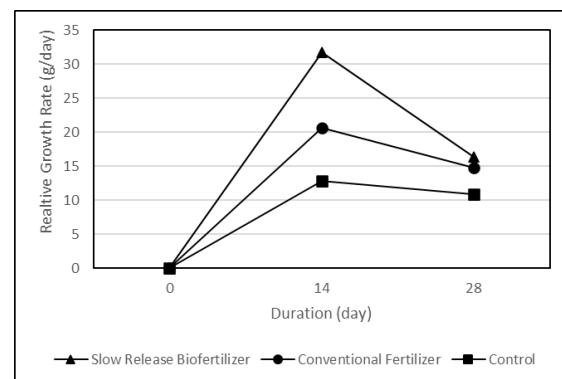


Figure 13 Relative rate of growth based on dry weight

Based on Figure 13, on the 14th day, the relative growth rate showed an increase for all types of medium. The use of slow release biofertilizer showed a rapid increase in growth compared to

slow release biofertilizer and the control despite using the same plants. On the 28th day, all mediums show a decrease in the relative growth rate based on dry weight because the plants are mature and the growth process will slow down.

CONCLUSION

Increased production of aquaculture sludge and excessive use of conventional fertilizers can cause pollution to the environment. The use of aquaculture sludge in the production of slow release biofertilizers can solve this problem. The objective of the experiment conducted is to characterize the aquaculture sludge, to determine the nutrient release rate from the slow release biofertilizer produced, and to determine the performance of the plants in the slow release biofertilizer.

The first objective which is the characterization of aquaculture sludge has been characterized using ion chromatography. Sludge has nutrient concentrations of nitrate (59 mg/ml), nitrate (2 mg/ml), phosphorus (10290 mg/ml), ammonium (440 mg/ml), and potassium (397 mg/ml). Therefore, aquaculture sludge is suitable as a slow release biofertilizer due to its high nutrient content.

Determination of nutrient release rate is carried out. A total of three mediums are involved, namely water, sand, and soil. It was found that the rate of nutrient release in the slow release biofertilizer continued to increase until the 15th day for all mediums while the conventional fertilizer showed that nutrients had reached a constant rate. Based on the water medium together with slow

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank Prof Ir. Dr. Siti Rozaimah Sheikh Abdullah and Dr Shila for all the guidance.

REFERENCES

- Achilea, O. 2021. Slow and Controlled Release and Stabilized Fertilizers, Products, & Trends. *NewAg Internasional* 3(16): 32-39.
- Akinbile, C.O., Yusoff, M.S. & Shian, L.M. 2012. Leachate Characterization and Phytoremediation Using Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*) in Pulau Burung, Malaysia. *Bioremediation Journal* 16(1): 9–18.
- Alnawajha, M.M., Kurniawan, S.B., Imron, M.F., Abdullah, S.R.S., Hasan, H.A. & Othman,
- A.R. 2022. Plant-based coagulants/flocculants: characteristics, mechanisms, and possible utilization in treating aquaculture effluent and benefiting from the recovered nutrients. *Journal of Environmental Science and Pollution Research* 29(39): 58430-58453.
- Bommarito, C.R., Sturdevant, A.B. & Szymanski, D.W. 2007. Analysis of forensic soil samples via high-performance liquid chromatography and ion chromatography. *Journal of Forensic Sciences* 52(1): 24–30.
- Cao, J.S., Wang, C., Fang, F. & Lin, J.X. 2016. Removal of heavy metal Cu(II) in simulated aquaculture wastewater by modified palygorskite. *Environmental Pollution* 219: 924–931.
- Chaudhary, I.J., Neeraj, A., Siddiqui, M.A. & Singh, V. 2020. Nutrient Management Technologies and the Role of Organic

release biofertilizer and conventional fertilizer, slow release biofertilizer has a much lower nutrient release rate compared to conventional fertilizer namely potassium (47%), phosphorus (65%), ammonium (32%), nitrate (20%), and nitrite (30%). Nutrient release rates for conventional fertilizers all exceeded 95% after the 15th day.

Plant performance in slow release biofertilizers was observed. Okra trees in slow release biofertilizer showed positive development while conventional and control fertilizers showed a decrease. This is because the plants in the slow release biofertilizer had seven plants alive while for the conventional fertilizer and the control only four and only one lived in the first seven days. If viewed in terms of the relative growth rate based on height, biofertilizer release shows a decrease like conventional fertilizer use and control. This is because the plants are mature after the 14th day. The relative rate of growth based on the number of leaves shows an increase starting from the 7th day to the 21st day for all types of medium used and a decrease on the 28th day because the leaves at the bottom do not get enough sunlight. Finally, the relative rate of plants based on dry weight showed an increase on day 14 and a decrease on day 28 due to mature plant conditions.

Therefore, the sludge used has a high amount of nutrients and the slow release biofertilizer produced is better than conventional fertilizers in terms of periodic nutrient release.

- Matrix-Based Slow-Release Biofertilizers for Agricultural Sustainability: A Review. *Agriculture Review* 41(1): 1-13.
- Chawakitchareon, P., Poovuttikul, P. & Chantanurak, T. 2014. Slow-release fertilizer prepared from Leonardite and Zeolite. *Advanced Materials Research*, 931-932: 758–761.
- Chinenye Adaobi Igwegbe & Okechukwu. Dominic. Onukwuli. 2019. (PDF) Removal of Total Dissolved Solids (TDS) from Aquaculture Wastewater by Coagulation-flocculation Process using Sesamum indicum extract: Effect of Operating Parameters and Coagulation-Flocculation kinetics. *The Pharmaceutical and Chemical Journal* 6(4): 32-45.
- Datta, S. 2016. Biofertilizers in Aquaculture. *Minaloka* 7:15-20.
- Dauda, A.B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A.S. & Akinwole, A.O. 2019. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Journal of Aquaculture and Fisheries* 4(3): 81-88.
- Delade, B., Goddek, S., Keesman, K.J., Haissam, M. & Jijakli, M. 2018. A methodology to quantify the aerobic and anaerobic sludge digestion performance for nutrient recycling in aquaponics. *Biotechnology, Agronomy Society Environment* 22(2): 106-112.
- Duraisamy, E. & Subbarayan, S. 2019. Study on the influence of organics and micronutrients fertilizer for increasing sesame production and sustainable soil fertility in coastal sandy soil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* SP2:483-487.
- Ebeling, J.M., Sibrell, P.L., Ogden, S.R. & Summerfelt, S.T. 2003. Evaluation of chemical coagulation–flocculation aids for the removal of suspended solids and phosphorus from intensive recirculating aquaculture effluent discharge. *Aquacultural Engineering* 29(1–2): 23–42.
- Ezzidine, M., Liltved, H. & Homme, J.M. 2020. A method for reclaiming nutrients from aquacultural waste for use in soilless growth systems. *Water Science and Technology* 81(1): 81–90.
- Fertahi, S., Ilsovuk, M., Zeroual, Y., Oukarroum, A. & Barakat, A. 2021. Recent trends in organic coating based on biopolymers and biomass for controlled and slow release fertilizers. *Journal of Controlled Released Society* 330: 341-361.
- Fu, J., Wang, C., Chen, X., Huang, Z. & Chen, D. 2018. Classification research and types of slow controlled release fertilizers (SRFs) used - a review. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 50(6): 772-781.
- Gerten, D., Heck, V., Jägermeyr, J., Bodirsky, B.L., Fetzer, I., Jalava, M., Kummu, M., Lucht, W., Rockström, J., Schaphoff, S. & Schellnhuber, H.J. 2020. Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries. *Nature Sustainability* 3(3): 200–208.
- González-Hurtado, M., Siveiro-Martínez, L. & Iribarren, A. 2021. Slow-Release Fertilizer Based on Microalgae Chlorella sp Microencapsulated with Urea–Formaldehyde: Potassium Release Kinetics. *Journal of Polymers and the Environment* 29(5): 1424–1433.
- Guo, M., Liu, M., Zhan, F. & Wu, L. 2005. Preparation and properties of a slow-release membrane-encapsulated urea fertilizer with superabsorbent and moisture preservation. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 44(12): 4206–4211.
- Han, W., Mao, Y., Wei, Y., Shang, P. & Zhou, X. 2020. Bioremediation of aquaculture wastewater with algal-bacterial biofilm combined with the production of selenium rich biofertilizer. *Water* 12(7): 2071.
- Hasnain, M., Chen, J., Ahmed, N., Memon, S., Wang, L., Wang, Y. & Wang, P. 2020. The effects of fertilizer type and application time on soil properties, plant traits, yield and quality of tomato. *Sustainability* 12(21): 1–14.
- Heiderscheidt, E., Postila, H. & Leiviskä, T. 2020. Removal of metals from wastewaters by mineral and biomass-based sorbents applied in continuous-flow continuous stirred tank reactors followed by sedimentation. *Science of The Total Environment* 700: 135079.
- Hoffmann, W.A. & Poorter, H. 2002. Avoiding Bias in Calculations of Relative Growth Rate. *Annals of Botany* 90(1): 37–42.
- Hoskins, B. & Ross, D. 2009. *Chapter 2 Soil Sample Preparation and Extraction*. University of Delaware.
- Kumar, M.S., Luu, L.T., Ha, M. Van & Dieu, N.Q. 2004. The nutrient profile in organic fertilizers: Biological response to nitrogen and phosphorus management in tanks. *Journal of Applied Aquaculture* 16(3–4): 45–60.
- Lab Chem. 2012. *Sodium Hydroxide Safety Data Sheet*. Lab Chem 77(58).
- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S.H., Ding, L., Liu, Q., Liu, S. & Fan, T. 2010. Long-

- term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma* 158(3–4): 173–180.
- Liu, X., Steele, J.C. & Meng, X.Z. 2017. Usage, residue, and human health risk of antibiotics in Chinese aquaculture: A review. *Environmental Pollution* 223: 161–169.
- Malusá, E., Sas-Paszt, L. & Ciesielska, J. 2012. Technologies for beneficial microorganisms inocula used as biofertilizers. *The Scientific World Journal* 2012: 1–12.
- Martínez, L.S., Hurtado, M.G., González, L.M.C., Briones, J.R., García, A.M. & Díaz, M.I.H. 2019. Preparation of a slow release biofertilizer from a polymeric urea-formaldehyde matrix (PUFM). *Phyton* 88(4): 459–470.
- Monsees, H., Keitel, J., Paul, M., Kloas, W. & Wuertz, S. 2017. Potential of aquacultural sludge treatment for aquaponics: Evaluation of nutrient mobilization under aerobic and anaerobic conditions. *Aquaculture Environment Interactions* 9(1): 9–18.
- Morgan, K.T., Cushman, K.E. & Sato, S. 2009. Release Mechanisms for Slow- and Controlled-release Fertilizers and Strategies for Their Use in Vegetable Production. *HortTechnology* 19(1): 10–12.
- Mulbry, W., Kondrad, S. & Pizarro, C. 2007. Biofertilizers from algal treatment of dairy and swine manure effluents: Characterization of algal biomass as a slow release fertilizer. *Journal of Vegetable Science* 12(4): 107–125.
- Muntean, E., Pecyna-Utylska, P., Kernert, J. & Rajmund, M. 2019. Ion Chromatography—an Advantageous Technique in Soil Analysis. *ProEnvironment* 12: 82–88.
- Muruganandam, L., Saravana Kumar, M.P., Jena, A., Gulla, S. & Godhwani, B. 2017. Treatment of wastewater by coagulation and flocculation using biomaterials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 263: 032006.
- Neamațu, C., Popescu, M., Oancea, F. & Dima, S.O. 2015. Synthesis Optimization and Characterization of Microencapsulated N-P-K Slow-Release Fertilizers. *Open Chemistry* 13(1): 813–823.
- Omitoyin, B.O., Kolawole Ajani, E., Israe Okeleye, O., Uzezi Akpoilih, B. & Ogunjobi, A.A. 2017. Biological Treatments of Fish Farm Effluent and its Reuse in the Culture of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Research & Development* 08(02): 1–9.
- Pang, W., Hou, D., Wang, H., Sai, S., Wang, B., Ke, J., Wu, G., Li, Q. & Holtzapple, M.T. 2018a. Preparation of microcapsules of slow-release NPK compound fertilizer and the release characteristics. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 29(11): 2397–2404.
- Pillay, T. 2004. *Aquaculture and the Environment*. Edisi Pertama. : Fishing News Books: Blackwell Publishing Ltd
- Prasad, R. 2009. Efficient fertilizer use: The key to food security and better environment. *Journal of Tropical Agriculture* 47(1–2): 1–17.
- Rafiee, G. & Saad, C.R. 2005. Nutrient cycle and sludge production during different stages of red tilapia (*Oreochromis sp.*) growth in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 244(1–4): 109–118.
- Rahman, I.-. 2016. Effect of seed priming on growth parameters of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Pure and Applied Biology* 5(1): 165–171.
- Ramli, R.A. 2019. Slow release fertilizer hydrogels: A review. *Royal Society of Chemistry* 10(45): 6073–6090.
- Ramsundar, P., Guldhe, A., Singh, P., Pillay, K. & Bux, F. 2017. Evaluation of waste activated sludge as a potential nutrient source for cultivation of *Chlorella sorokiniana*. *Algal Research* 28: 108–117.
- Rivera, Y.H., González Hurtado, M., Siverio Martínez, L., Martínez García, A., Hernández Díaz, M.I. & García, M.R. 2021. Easy method for obtaining slow-release biofertilizer enriched with marine plant residues. *Environmental Science* 12(6): 798.
- Rome. 2018. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018*: Meeting the Sustainable Development Goals. Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO.
- Sahu, P.K. & Brahmprakash, G.P. 2016. Formulations of biofertilizers - Approaches and advances. *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity* 2: 179–198.
- Salehudin Mat Rasad. 2021. *Peneroka Felda terus terbeban, harga baja, racun meningkat*. Utusan Malaysia. [14 January 2023]
- Salmon Facts. 2022. *3 Types of Aquaculture - A Complete Guide - Salmon Facts* <https://salmonfacts.org/types-of-aquaculture-systems/> [14 July 2023].
- Sigma-Aldrich. 2022. *Formaldehyde Safety Data Sheet*. Sigma-Aldrich 8(4).

- Solihin, Handoko, A.D. & Noviardi, R.R. 2019. Preliminary Synthesis of Slow Release Fertilizer Material by Using Obsidian Rock. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 541(1): 012020
- Supelco. 2013. *Urea Safety Data Sheet*. Supelco 1(5).
- Trenkel, M.E. 2010. Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers : An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture. *International fertilizer industry Association* (IFA): Paris
- Wang, X., Yang, Y., Gao, B., Wan, Y., Li, Y.C., Xie, J. & Tang, Y. 2021. Slow-released bio-organic-chemical fertilizer improved tomato growth: synthesis and pot evaluations. *Journal of Soils and Sediments* 21(1): 319–327.
- Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. & Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. *Geoderma* 125(1–2): 155–166.
- Xu, Q., Liu, X., Wang, D., Wu, Y., Wang, Q., Liu, Y., Li, X., An, H., Zhao, J., Chen, F., Zhong, Y., Yang, Q. & Zeng, G. 2018. Free ammonia-based pretreatment enhances phosphorus release and recovery from waste activated sludge. *Chemosphere* 213: 276–284.
- Yahya, N. 2018. *Green Urea for Future Sustainability*. Green Energy and Technology: Springer.
- Zhang, H., Gao, Y., Liu, J., Lin, Z., Lee, C.T., Hashim, H., Wu, W.M. & Li, C. 2021. Recovery of nutrients from fish sludge as liquid fertilizer to enhance sustainability of aquaponics: A review. *Chemical Engineering Transactions* 83: 55–60.
- Zhang, W.F., Dou, Z.X., He, P., Ju, X.T., Powlson, D., Chadwick, D., Norse, D., Lu, Y.L., Zhang, Y., Wu, L., Chen, X.P., Cassman, K.G. & Zhang, F.S. 2013. New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110(21): 8375–8380.

LAMPIRAN C

Lampiran C adalah bagi *Curriculum Vitae* (CV).

AZRUL ZULHILMI AHMAD ROSLI

Gombak, Kuala Lumpur

(+60)13- 2975745 | azrulzulhilmi00@gmail.com | linkedin.com/azrul-zulhilmi



PROFILE

Graduate of chemical engineering with motivation and analytical skills who has a solid background in process design, optimization, and problem-solving. possesses a thorough knowledge of engineering fundamentals and a strong interest in creative, sustainable solutions. adept at using technological expertise to enhance efficiency, safety, and economy in complicated industrial processes. Successful collaborations and leadership roles are evidence of excellent communication and teamwork skills. Looking for a challenging role where I can put my knowledge to use and help a growing, successful organization.

EDUCATION

Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM)
Bachelor of Chemical Engineering with Honours

- Current CGPA : 3.42

Sept 19 – August 23

Kolej Matrikulasi Negeri Sembilan (KMNS)

Matriculation Certificated in Physical Science

- CGPA : 3.79
- Muet : Band 3

May 18 – April 19

SMK Dato' Ibrahim Yaacob / Kompleks Darul Kifayah

Matriculation Certificated in Physical Science

- SPM : 5A

Jan 13 – Dec 17

WORKING EXPERIENCE

FARMASIA Sdn Bhd

Production trainee | Internship | Part time

Aug 22 – Oct 22

- Managed the entire production process from raw material request to quarantine products from prepared the Bills of Materials (BOM) and request forms for raw materials and packaging materials.
- Dispensed, and mixed the raw materials, filled, and packaged the products and performed the In-Process Quality Control (IPQC) every 30 minutes. Quarantined products in warehouse and completed Batch Manufacturing Report (BMR).
- Installed, opened, and operated machines (Mixer). Ensure all the batch no./data according to BMR.
- Performed basic analysis for Certificate of Analysis (COA) before product filling and performed water sampling every 2 weeks by checking the TOC, pH, chlorine, and etc.
- Developed strong expertise in pharmaceutical manufacturing processes, including formulation development, batch testing, and adherence to Good Manufacturing Practices (GMP).
- Demonstrated meticulous attention to detail in ensuring accurate counting, sorting, and packaging of pharmaceutical products according to established guidelines and standard operating procedures.
- Maintained a high level of quality control by inspecting and verifying the integrity and correctness of packaged medications, ensuring compliance with regulatory standards.
- Demonstrated effective communication skills by promptly reporting any packaging discrepancies or issues to supervisors, facilitating quick resolutions and preventing delays in production.

Texas Chicken (Malaysia) Sdn Bhd

Mar 18 – May 22

Texas Chicken Crew | Part time

- Developed strong teamwork and collaboration abilities through working closely with fellow team members to ensure efficient and smooth operations during busy shifts.
- Actively participated in team meetings and training sessions, staying updated on new menu items, promotional offers, and company policies to provide accurate information to customers.
- Exhibited excellent time management skills by efficiently multitasking and handling multiple responsibilities, such as taking orders, preparing food, and maintaining cleanliness of the dining area.

LEADERSHIP EXPERIENCE & UNIVERSITY ACTIVITIES

Chemical Engineering Student Club (CheSC)

Oct 21 – Aug 22

Technical Executive

- Managed the entire technical operations of the club, including floor plan, inventory, and equipment especially during the event.
- Managed a team of technical staff, providing training and support to ensure that they were able to perform their duties effectively.
- Coordinated with other departments within the club, ensuring that the club's technical needs were met.
- Successfully completed all technical projects within budget and on time.
- Familiarity with a variety of technical equipment, including audio/visual equipment, computer hardware and software, and networking equipment.

- Successfully organized and managed the Entrepreneurship Carnival at Faculty, with over hundred participants.
- Selected and handled guest speakers for the carnival, including successful entrepreneurs and industry experts.
- Ensured the smooth operation of the carnival, including logistics, marketing, and event management.
- Worked closely with the project director and other exco members to ensure the success of the carnival.

Industrial Visit to OLEON, YAKULT and KLK OLEO

'19 & '23

- Actively engaged in interactive sessions and guided tours at the company, deepening my understanding of their respective industries and production techniques.
- Participated in discussions and Q&A sessions with industry experts during the industrial visits, gaining valuable knowledge and practical insights into real-world applications.

RELATED PROJECT**Synthesize of Slow-Release Biofertilizer from Aquaculture Sludge**

Oct 22 – Jul 23

- Conducted extensive literature reviews on slow-release fertilizer, nutrient recovery technology, aquaculture sludge behaviour, potential benefits, drawbacks and plant performance using slow-release fertilizers.
- Used chromatography ion to characterize the fertilizer, which showed that it had a high nutrient content and a slow-release profile.
- Collected and analyzed data using statistical tools such as ANOVA, to identify the data is viable or not.
- Successfully synthesized a slow-release fertilizer from aquaculture sludge, which showed promise as a sustainable and environmentally friendly alternative to traditional fertilizers.

Urea Synthesis using Green Ammonia Technology

Oct 22 – Jul 23

- Employed simulation tools, such as SYMMETRY, to model and simulate the entire system, enabling comprehensive evaluation and optimization of the non-thermal plasma green ammonia synthesis process.
- Conducted comprehensive profitability analysis, considering cost factors, market demand, and production potential, to assess the economic viability of the non-thermal plasma green ammonia synthesis process and provide valuable insights for potential implementation.
- Created a detailed 3D plant layout using advanced software, integrating equipment placement, process flow, and safety considerations, to optimize the design and visual representation of the non-thermal plasma green ammonia synthesis plant.

Production Of Antioxidants (Polyphenol) From Coffee Silverskin

Nov 21 – Jan 22

- Collaborated with team members to present research findings and project outcomes at scientific conferences, contributing to the dissemination of knowledge in the field of antioxidant production.

SKILLS

- **Major Course:** Food Engineering, Chemical Instrumentation, HPLC, GC, Spectroscopy, Membrane Engineering, Process Design, Thermodynamics, Chemical Reaction Engineering, Heat Transfer, Mass Transfer, Process Control, Safety
- **Certificate : Certified Occupational Safety & Health Coordinator (OSH-C)**
 - Acquired comprehensive knowledge of occupational safety regulations, hazard identification, and risk assessment through successful completion of OSHA training.
- **Technical :** Microsoft Office, AutoCAD, SketchUp, COMSOL, SYMMETRY, SuperPRO, MATLAB, ANAVO, Visio
- **Language :** Malay (Native), English (Fluent),
- **Others :** Content Creation, CANVA, Poster editing

REFERENCES**1. Ir. Dr. Nor Yuliana Yuhana***Mentor, Senior Lecturer*Department of Chemical & Process Engineering, Faculty of Engineering & Built Environment, UKM
yuliana@ukm.edu.my | 03-89216977**2. Prof. Ir. Dr. Siti Rozaimah Sheikh Abdullah***Supervisor, Senior Lecturer*Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering and Built Environment, UKM
rozaimah@ukm.edu.my | 603-89216407