

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

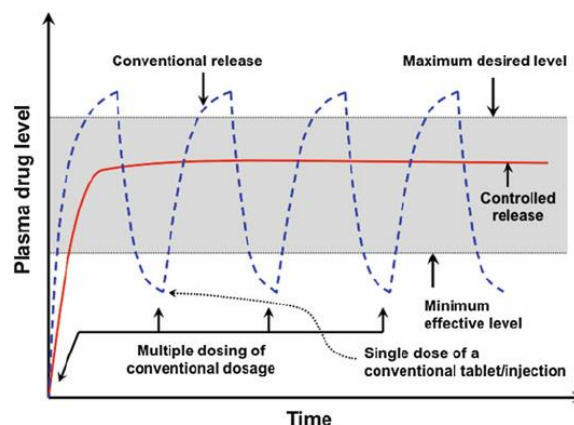
Permasalahan penggunaan pupuk pada tanaman dapat menimbulkan masalah yang serius terhadap lingkungan seperti pencemaran tanah dan pencemaran air. Di DAS (Daerah Aliran Sungai) Citarum telah terjadi pencemaran nitrogen akibat penggunaan pupuk yang berlebihan sehingga kadar nitrogen dalam air sebesar 1,4 mg/L (Cirata & Barat, 2016) sehingga dikhawatirkan pertumbuhan alga akan tidak terkendali dan menghalangi oksigen yang akan masuk ke dalam air. Penggunaan pupuk secara berlebihan juga dapat membuat tanah menjadi terlalu asam sehingga dapat menyebabkan gagal panen (Zhao et al., 2010). Sedangkan tingkat pH yang sesuai untuk keasaman lahan agar tidak merusak lahan dan menyebabkan gagal panen adalah sebesar 6,0 - 7,0 (Beegle, 2001).

Karena masalah-masalah lingkungan akibat penggunaan pupuk yang tidak efisien seperti pencemaran air dan tanah maka dicari tingkat penggunaan pupuk yang optimal. Selain itu, penggunaan pupuk yang optimal juga berpengaruh pada tumbuhan contohnya adalah tumbuhan *Panax Notoginseng*. Tumbuhan *Panax Notoginseng* memiliki berat akar kering sebesar 1.195,05 g/100 buah tanaman ginseng apabila diberi pupuk *NPK* (*Nitrogen*, *Phosphorus*, *Kalium*) dengan kadar *Nitrogen* 0 kg/667 m² ; *Phosphorus* dengan kadar 17,01 kg/667 m² ; dan *Kalium* dengan kadar 56,87 kg/667 m² (Xia et al., 2016).

Optimalisasi penggunaan pupuk juga tidak lepas dari tingkat penyerapan pupuk oleh tanaman. Contohnya adalah pada tanaman padi, residu dari konsentrasi nitrat pada kedalaman 60 cm berkisar pada 6 kg/ha hingga 64,6 kg/ha (Triyono et al., 2013). Hal ini menunjukkan tingkat penyerapan pupuk pada tanaman padi terbatas sehingga dapat dikatakan penggunaan pupuk tidak efisien.

Karena masalah-masalah pencemaran lingkungan akibat penggunaan pupuk yang tidak efisien seperti pencemaran air yang membuat air tidak layak minum dan pencemaran

tanah yang membuat tanah menjadi asam sehingga terjadi gagal panen maka optimalisasi penggunaan pupuk untuk tanaman menjadi penting. Optimalisasi penggunaan pupuk dapat dilakukan dengan mengatur penggunaan pupuk agar tetap stabil seiring berjalannya waktu sehingga pupuk yang diberikan kepada tanaman dapat terserap dengan baik dan meminimasi pencemaran lingkungan akibat pupuk yang tidak berhasil diserap oleh tanah. Idealnya, penyerapan pupuk oleh tanaman harus konstan. Diagram berikut ini menunjukkan bagaimana pengeluaran nutrisi yang ideal.

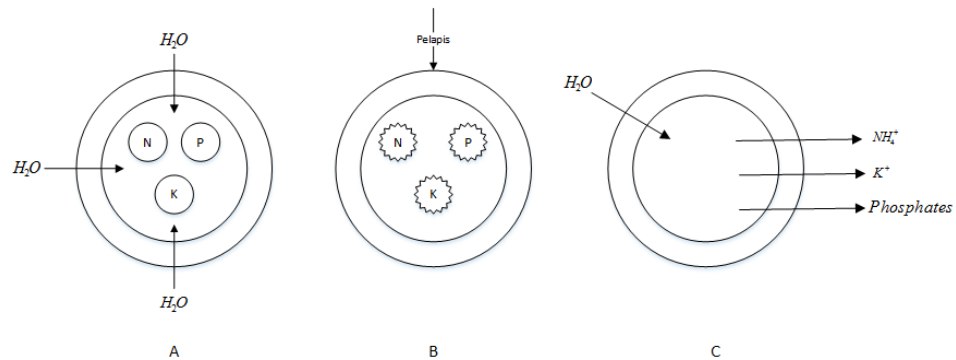


Gambar I. 1 Diagram Pelepasan Nutrisi (Huynh & Lee, 2014)

Saat ini pupuk yang mampu mengendalikan tingkat pengeluaran nutrisi ini secara umum disebut sebagai *Controlled Release Fertilizer (CRF)* yaitu pupuk berbentuk granula atau butiran yang mampu mengeluarkan nutrisi secara perlahan. *CRF* ini juga pernah dipakai di *Green Tea Laboratory of Saitama Prefectural Agriculture and Forestry Research Center* di Jepang dari tahun 2014 hingga 2015. Penelitian di Jepang tersebut dilakukan dengan menggunakan *CRF* dan pupuk organik yang merupakan campuran ampas dari pembuatan minyak sayur dengan kotoran ayam yang kemudian dipergunakan dalam dua sesi yaitu 450 kg/ha pada tahun 2014 dan 397 kg/ha pada tahun 2015. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan menyebutkan bahwa *CRF* memiliki jumlah N_2O yang lebih rendah daripada pupuk organik (Deng et al., 2017).

Salah satu media pemupukan tersebut adalah menggunakan *Polysulfone* untuk pelepasan pupuk secara perlahan. *Polysulfone* sendiri digunakan sebagai pelapis pupuk *NPK* yang mengatur tingkat difusi dari pupuk *NPK*. Namun, ketika tingkat

porositas *Polysulfone* menurun maka menurun pula tingkat pelepasan pupuknya. Contohnya adalah jika pelapis memiliki tingkat porositas 38,5% ketika dilakukan tes selama 5 jam pelapis ini melepaskan NH_4^+ sebesar 100% dan apabila tingkat porositas sebesar 19% dengan durasi tes yang sama maka akan dihasilkan pelepasan NH_4^+ sebesar 11%. Mekanisme pengeluaran pupuk tersebut dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar I. 2 Mekanisme Pengeluaran CRF (Tomaszewska & Jarosiewicz, 2002)

Pada diagram tersebut terlihat bahwa di poin A air masuk melalui pelapis berpori yang menyelubungi pupuk atau nutrisi di dalamnya. Ketika air sudah masuk maka nutrisi akan tercampur dengan air pada poin B. Setelah nutrisi dan air tercampur maka nutrisi dengan sendirinya akan keluar melalui lapisan *Controlled Release Fertilizer* tersebut yang terkontrol melalui tingkat porositas dari lapisan berpori tersebut. (Tomaszewska & Jarosiewicz, 2002). Selain dari pengaturan tingkat porositas pelapis yang dapat mengontrol pengeluaran nutrisi, tingkat pengeluaran nutrisi juga dapat dikontrol oleh ketebalan pelapis pupuk yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan (Tomaszewska & Jarosiewicz, 2003).

Contoh lain dari media pemupukan adalah menggunakan *Root Targeted Delivery Vehicle* (RTDV). RTDV dibentuk dari pelarutan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) di dalam air yang kemudian dicampur dengan pupuk cair. Teknik ini dapat mengurangi 78% jumlah pupuk yang dibutuhkan untuk hasil yang sama dengan penggunaan pupuk tanpa RTDV dengan kemungkinan pengurangan penggunaan pupuk hingga 94%. Namun penggunaan media RTDV ini masih memiliki kendala karena materialnya yang belum *biodegradable* (Davidson et al., 2013).

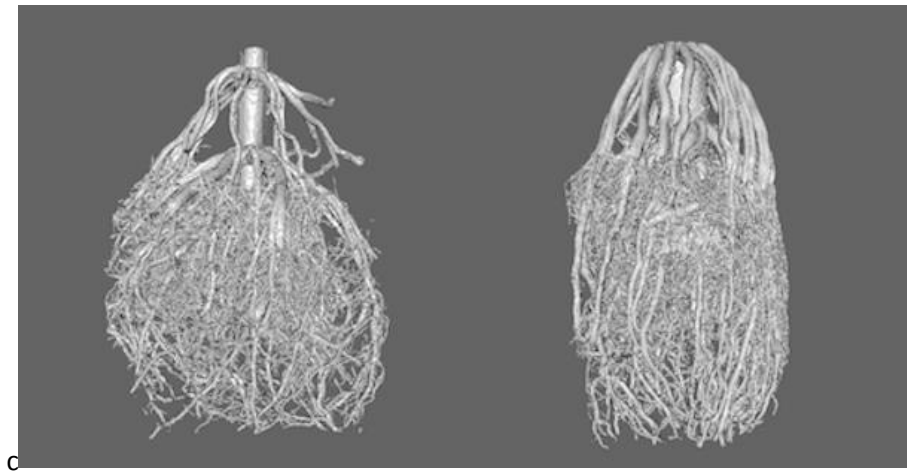
Material pelapis *RTDV* yang tidak *biodegradable* ini akan menimbulkan masalah di kemudian hari karena waktu penguraian material berjenis *polymer* ini cukup lama. Karena alasan itu maka timbul gagasan untuk menggunakan material *polylactic acid* (PLA) yang *biodegradable*. Material tersebut dipilih karena sifatnya yang mudah terurai dalam tanah sehingga cocok untuk dipakai pada bidang agricultural seperti pembuatan polybag dan pot tanaman. Sifat *biodegradable* material PLA didapatkan karena pembuatan material ini menggunakan bahan baku yang dibuat dari bahan-bahan organik seperti wood pulp (Mathew et al., 2005).

Material PLA dapat mulai terurai setidaknya 5 minggu setelah diletakkan di lingkungan yang kaya akan mikroorganisme seperti dalam kompos. Pengurangan massa PLA dalam kurun 5 minggu tersebut mengindikasikan bahwa PLA merupakan material yang memiliki sifat *biodegradable* yang baik (Hakkarainen et al., 2000). Sifat tersebut yang membuat PLA kemudian dipilih menjadi material untuk kajian ini.

Proses pembuatan aplikasi *RTDV* adalah menggunakan proses *additive manufacturing*. Proses *additive manufacturing* adalah proses yang dapat membuat bentuk-bentuk kompleks langsung dari model CAD (*Computer Aided Design*) dengan cara membuat lapisan-lapisan yang terbuat dari material dari jenis resin ataupun *polymer* hingga terbentuk produk yang diinginkan. Kelebihan dari *additive manufacturing* adalah kemampuannya untuk membuat bentuk-bentuk kompleks yang tidak dimungkinkan untuk dilakukan dengan proses manufaktur biasa. Pengaplikasian dari proses *additive manufacturing* sendiri bervariasi di bidang otomotif, biomedik dan lain sebagainya (Guo & Leu, 2013). Selain itu pilihan material yang bervariasi dan kemampuan membuat produk dengan tingkat kustomisasi yang tinggi menunjukkan fleksibilitas dari proses *additive manufacturing* (Bandyopadhyay et al., 2015).

Material untuk membuat *RTDV* sendiri menggunakan material PLA (*Polylactic Acid*) berjenis filament. Material tersebut dipilih karena sifatnya yang mudah terurai dalam tanah sehingga cocok untuk dipakai pada bidang agricultural seperti pembuatan polybag dan pot tanaman. Sifat *biodegradable* material PLA didapatkan

karena pembuatan material ini menggunakan bahan baku yang dibuat dari bahan-bahan organik seperti pulp kayu dan pati jagung (Mathew et al., 2005).



Gambar I. 3 Morfologi Akar Jagung (Topp, 2017)

Obyek kajian ini adalah akar tanaman jagung (*Zea mays*). Akar tanaman jagung ini cukup unik dikarenakan bentuknya yang seperti kubah dan menggerombol di bagian bawahnya. Tanaman jagung ini merupakan sumber karbohidrat yang populer di seluruh belahan dunia dengan waktu panen yang relatif singkat yaitu 60 hari dari awal. Suhu dan iklim di Indonesia untuk tanaman jagung juga relatif cocok yaitu 26 °C - 30 °C (Iriany et al., 2009).



Gambar I. 4 Fertilizer Spike (Villa, 2018)

Desain acuan dari *RTDV* ini adalah menggunakan *Fertilizer Spike* seperti yang terlihat pada gambar I.4 yaitu jenis alat bantu pemupukan dimana pupuk dibentuk menjadi selongsong-selongsong memanjang yang pemasangannya dengan cara

dipalu ke dalam tanah. Selongsong ini akan terurai seiring dengan disiramnya tanaman secara rutin (Miller, 2018).

RTDV juga dimaksudkan untuk mengurangi *run off* pada pupuk NPK yang disebar di atas permukaan tanah. Dampak dari *run off* ini adalah kerusakan lingkungan terutama pada daerah perairan di mana pertumbuhan alga akan tidak terkontrol karena limpahan nutrisi dari pupuk yang terkena *run off*. Beberapa efek dari pertumbuhan alga yang tak terkontrol adalah (EPA, 2017) :

1. Pembentukan racun yang berbahaya bagi hewan maupun manusia di sekitar daerah yang terkontaminasi.
2. Munculnya *dead zone* atau zona dengan kadar oksigen rendah di dalam air.
3. Mengurangi jumlah sumber air bersih dan melonjaknya biaya untuk pemurnian air.

Mekanisme *RTDV* untuk mengurangi *run off* adalah dengan menjadi kontainer pupuk yang tetap menjaga pupuk di dalamnya dengan rapat.

Berdasarkan uraian-uraian di atas maka penulis berkeinginan untuk membuat rancangan *root targeted delivery vehicle* dengan menggunakan proses *additive manufacturing*. Rancangan *RTDV* ini memiliki porositas untuk mengatur tingkat pengeluaran pupuk agar menjadi lebih optimal serta menghindari terjadinya *run off* atau tergesernya pupuk akibat penyiraman tumbuhan.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dirumuskan masalah yang akan diselesaikan. Masalah tersebut adalah bagaimana rancangan aplikasi *root targeted delivery vehicle* untuk menjaga pupuk agar pengeluaran dapat terkontrol ?

I.3 Tujuan

Tujuan dari dilakukannya kajian ini adalah untuk membuat rancangan pengaplikasian *root targeted delivery vehicle* untuk alternative pemupukan yang ramah lingkungan menggunakan proses *additive manufacturing* agar penggunaan pupuk dapat ramah lingkungan.

I.4 Batasan Masalah

Perancangan *RTDV* memiliki beberapa batasan masalah yaitu :

1. Menggunakan pupuk *NPK* butiran
2. Menggunakan material *Polylactic Acid* (PLA)
3. Pengujian *RTDV* hanya membahas pengaruh tanaman yang diberi *RTDV* serta ketahanan *RTDV* terhadap bakteri dan kompos
4. Menggunakan mesin *3D printer* Subsolid X
5. Desain produk *RTDV* dilakukan dengan menggunakan scan akar tanaman jagung

I.5 Manfaat

Adapun manfaat yang didapatkan dari penulisan kajian ini adalah :

1. Penggunaan pupuk yang lebih terkontrol dan meminimasi pemakaian pupuk yang berlebihan sehingga tidak mencemari lingkungan.
2. Mengetahui ketahanan produk berbahan PLA terhadap bakteri dan kompos.

I.6 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan uraian sistematika penulisan pada kajian ini :

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini diangkat masalah-masalah seputar penggunaan pupuk yang berlebihan dan tidak terkontrol seperti pencemaran tanah dan air minum. Dijelaskan pula mekanisme pelepasan pupuk CRF yang mampu melepaskan nutrisi secara perlahan dan menjadi acuan dari pembuatan *RTDV*. Terdapat pula uraian singkat tentang keunggulan material PLA yang bersifat biodegradable sehingga menjadi material pilihan untuk pembuatan *RTDV*. Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori

Pada bab ini diuraikan teori-teori yang melandasi pengerjaan kajian ini. Teori-teori yang diuraikan berasal dari penelitian-penelitian

yang telah dilakukan sebelumnya seperti jenis-jenis pupuk CRF, spesifikasi material PLA, spesifikasi mesin *3D printer* dan teori pergerakan akar tanaman.

Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini dijelaskan secara rinci langkah-langkah untuk penyelesaian kajian ini sesuai dengan masalah yang telah dirumuskan. Metode untuk memecahkan masalah dirancang untuk membuat produk *Root Targeted Delivery Vehicle (RTDV)* menggunakan proses *additive manufacturing* atau *3D printing*. Tahapan untuk menyelesaikan kajian ini dimulai dengan mengidentifikasi masalah, pengumpulan data-data yang mendukung, melakukan perancangan berdasarkan data yang telah diperoleh yang kemudian akan dilakukan proses *3D printing*, melakukan uji coba terhadap produk dan yang terakhir adalah menganalisa dan menyimpulkan.

Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada bab ini diuraikan data-data yang dikumpulkan seperti hasil scan akar tanaman jagung yang menjadi acuan penempatan titik-titik lubang pada produk, ketebalan dinding dan diameter lubang yang optimal untuk pengeluaran nutrisi pupuk, komposisi bahan-bahan pembuatan kompos untuk kemudian dilakukan uji coba. Pengolahan data diawali dengan melakukan desain terhadap *RTDV* berdasarkan data-data yang telah diperoleh dan dilakukan proses *3D printing* hingga akhirnya dilakukan uji coba terhadap produk.

Bab V Analisis

Pada bab ini dilakukan analisis berupa pengaruh pertumbuhan tanaman jagung tanpa diberi *RTDV* dan yang diberi *RTDV*. Hal ini untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan ketika dilakukan uji coba. Selain itu juga dilakukan analisis terhadap ketahanan *RTDV* ketika direndam dalam kompos dan bakteri.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Pada bab terakhir ini penulis melakukan penarikan kesimpulan dari hasil kajian yang telah dilakukan serta pemberian saran terhadap peneliti-peneliti selanjutnya yang akan melakukan penelitian terkait *Controlled Release Fertilizer* dan proses *Additive Manufacturing*.