

## Pengembangan dan Uji Kinerja Mesin Pemupuk Dosis Variabel Pada Budidaya Padi Sawah dengan Konsep Pertanian Presisi

### *Improvement of Design and Field Performance Test of Variable Rate Granular Applicator for Precision Farming Implementation on Paddy Field*

Pandu Gunawan, Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan.  
 Email; pandu\_tep\_f14051487@yahoo.co.id  
 Radite P.A. Setiawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fateta, IPB  
 I Wayan Astika, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fateta, IPB

#### Abstract

*This paper discussed about the development of electronically controlled fertilizer applicator machine based on modified riding type paddy transplanter tractor. The machine had ability to perform variable rate of application dose using urea, phosphor, and NPK compound. The developed variable rate applicator (VRA) equipped with digital controlled metering devices so that the dose of application can be given accurately and the amount of application can be change in flexible way according to recommended dose. The machine has 4 unit of metering devices, has 8 application rows, and equipped with pneumatic diffusers. RTK-DGPS was used to monitor the position in the field. Performance test has been done for several parameters, included uniformity of air flow at each diffuser, granular fertilizer spreader pattern, and linearity of actual amount of fertilizer with respect to the commanded dose. Average rate of air flow in each diffuser was 0.0073 m<sup>3</sup>/s, with 7.23 % CV. Total working width of the machine was about 5 m. Field capacity was about 0.12 ha/hours. The results of the tests on metering dose showed that the develop VRA could spread fertilizer uniformly and gave accurate application dose. The yield result showed that uniformity of unhulled rice production was reached 74.7%.*

**Keywords:** VRT, URT, fertilization, paddy, precision farming

#### Abstrak

Makalah ini membahas tentang pengembangan system penjatah pupuk dengan kontrol elektronik pada mesin pemupuk dosis variabel menggunakan traktor perawatan lahan sawah yang telah dimodifikasi. Mesin yang dikembangkan memiliki kemampuan menjatah dosis pupuk secara variable untuk jenis pupuk urea, fosfor, dan NPK. Mesin pemupuk dosis variabel dilengkapi dengan kontrol digital untuk penjataan pupuk sehingga dapat memberikan takaran pupuk secara akurat sesuai dengan dosis yang dianjurkan. Mesin memiliki empat unit penjatah pupuk, delapan baris aplikasi pupuk, dan dilengkapi dengan *diffuser pneumatic* untuk menyebarkan pupuk. RTK-DGPS digunakan untuk memantau posisi mesin di lahan. Uji performansi telah dilakukan untuk mengetahui kinerja mesin pada beberapa parameter pengujian, yaitu: keseragaman aliran udara bertekanan pada komponen *diffuser*, pola sebaran pupuk granular, dan kurasi jumlah pupuk yang dijatah terhadap jumlah pupuk yang dianjurkan. Rata-rata debit aliran udara pada komponen *diffuser* adalah 0.0073 m<sup>3</sup>/detik dengan nilai CV 7.23%. Lebar kerja mesin 5 meter. Kapasitas lapang efektif mesin 0.94 ha/jam. Hasil pengujian pada jumlah dosis yang dikeluarkan menunjukkan bahwa mesin pemupuk dosis variabel dapat menyebarkan pupuk secara merata dan akurat. Hasil panen gabah pada lahan percobaan menunjukkan nilai tingkat keseragaman hasil produksi gabah mencapai 74.7%.

**Kata Kunci:** variable rate technology, uniform rate technology, pemupukan, padi, pertanian presisi

*Diterima: 01 Nopember 2012; Disetujui: 04 Maret 2013*

#### Pendahuluan

Pemupukan merupakan proses budidaya tanaman yang sangat penting. Hubungan pupuk dan tanaman menjadi salah satu parameter yang akan menentukan hasil panen disamping faktor

lingkungan dan kinerja petani. Aplikasi pupuk pada media tanam harus dilakukan sesuai dengan kebutuhan unsur hara media tanam agar diperoleh tingkat efektifitas dan efisiensi yang tinggi pada proses budidaya. Mesin pupuk dosis variabel (*variable rate fertilizer applicator*) merupakan

sebuah mesin yang dibuat dengan konsep VRT (*Variable Rate Technology*) dan memiliki sistem terintegrasi untuk mengetahui kondisi hara tanah serta mengeluarkan jumlah pupuk sesuai dengan yang dibutuhkan tanah tersebut. Mengusung konsep pertanian presisi, kinerja mesin pupuk dosis variabel didukung oleh perangkat teknologi pelacak posisi (GPS), peta digital kebutuhan unsur hara tanah, dan unit aplikator yang dilengkapi dengan kemampuan penjatahan pupuk dengan dosis yang bervariasi. Penelitian yang telah dilakukan untuk membuat mesin pupuk dosis variabel antara lain: pengontrolan kecepatan putar metering device menggunakan PID (Azis, 2010) dan pembuatan empat unit aplikator yang dilengkapi dengan RTK-DGPS receiver (Sapsal, 2011) serta peta kebutuhan hara tanah untuk aplikasi di lahan (Astika, 2010). Penggunaan mesin pupuk dosis variabel diharapkan dapat meningkatkan efisiensi waktu kerja dan efektifitas pemupukan dalam budidaya tanaman. Dibandingkan dengan metode pemupukan URT (*Uniform Rate Technology*), metode VRT memiliki potensi untuk memperkecil variasi kondisi hara tanah bagi keseragaman pertumbuhan tanaman dan hasil panen.

Secara umum tujuan penelitian ini untuk menerapkan konsep pertanian presisi bagi pemupukan padi sawah. Lebih jauh lagi tujuan penelitian ini antara lain:

- a. Memodifikasi prototipe mesin VRT *Granular Applicator* prototipe1 yang telah dilengkapi RTK DGPS dengan penghembus udara bertekanan untuk penyaluran pupuk. Serta menguji kinerja mesin VRT *Granular Applicator* pada budidaya padi sawah.
- b. Menganalisis kapasitas lapang efektif dari penggunaan mesin pemupuk dosis variabel di lahan sawah.

- c. Menganalisis tingkat keseragaman hasil budidaya padi sawah yang telah dipupuk menggunakan *Variable Rate Technology* (VRT).

### Metode Penelitian

#### Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama sebelas bulan, dimulai pada bulan Januari 2012 hingga Oktober 2012, dan dilaksanakan di tiga tempat yang berbeda, yaitu: Laboratorium Teknik Mesin Otomasi, Laboratorium Lapangan Siswadi Soepardjo, dan areal pertanian Cikarawang Kecamatan Dramaga. Proses desain dan modifikasi dan uji kinerja statis mesin pemupuk dosis variabel dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Otomasi, sementara uji kinerja lapangan mesin dilakukan pada Laboratorium Lapangan Siswadi Soepardjo dan areal pertanian Cikarawang Kecamatan Dramaga.

#### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk pembuatan mesin pemupuk dosis variabel merupakan material konstruksi umum yang lazim digunakan untuk pembuatan mesin. Bagian rangka utama dibuat dari bahan besi karbon S45C, bagian rangka wadah pupuk terbuat dari stainless steel 201, bahan wadah pupuk terbuat dari akrilik, dan jenis pupuk yang digunakan untuk uji kinerja adalah pupuk NPK. Sementara itu, alat yang digunakan untuk menunjang penelitian terdiri dari peralatan elektronik dan mekanik. Peralatan elektronik digunakan untuk sistem kontrol penjatah pupuk dan sistem navigasi traktor. Alat-alat tersebut antara lain: komputer, mikrokontroler ATmega 128L dan ATmega 16, motor DC, EMS 30A H-Bridge, SPC motor controller, rotary encoder, dan berbagai komponen elektronik lainnya. Peralatan mekanik yang digunakan antara lain: bor tangan, alat las, gerinda, universal joint, blower, engine mounting, dan komponen-komponen pendukung lainnya.

#### Tahapan Penelitian

Penelitian dimulai dari pengembangan desain prototipe mesin pemupuk dosis variabel yang telah dibuat sebelumnya. Modifikasi desain dilakukan dengan memperbaiki rangka utama, menambahkan sistem penghasil udara bertekanan, merancang diffuser penebar pupuk, dan penambahan sistem navigasi. Setelah itu dilakukan proses manufaktur dari desain terbaru mesin yang telah mengakomodasi berbagai kebutuhan aplikasi pupuk di lahan sawah. Uji kinerja dilakukan setelah manufaktur selesai. Bagan alir tahapan penelitian secara umum diperlihatkan pada Gambar 1.

Tahap modifikasi serta uji kinerja mesin pemupuk dosis variabel memiliki detail dari tahapan yang harus dilakukan. Beberapa tahapan tersebut, meliputi tahap modifikasi dan uji kinerja mesin



Gambar 1. Bagan alir tahapan penelitian

pemupuk dosis variabel disajikan pada Gambar 2.

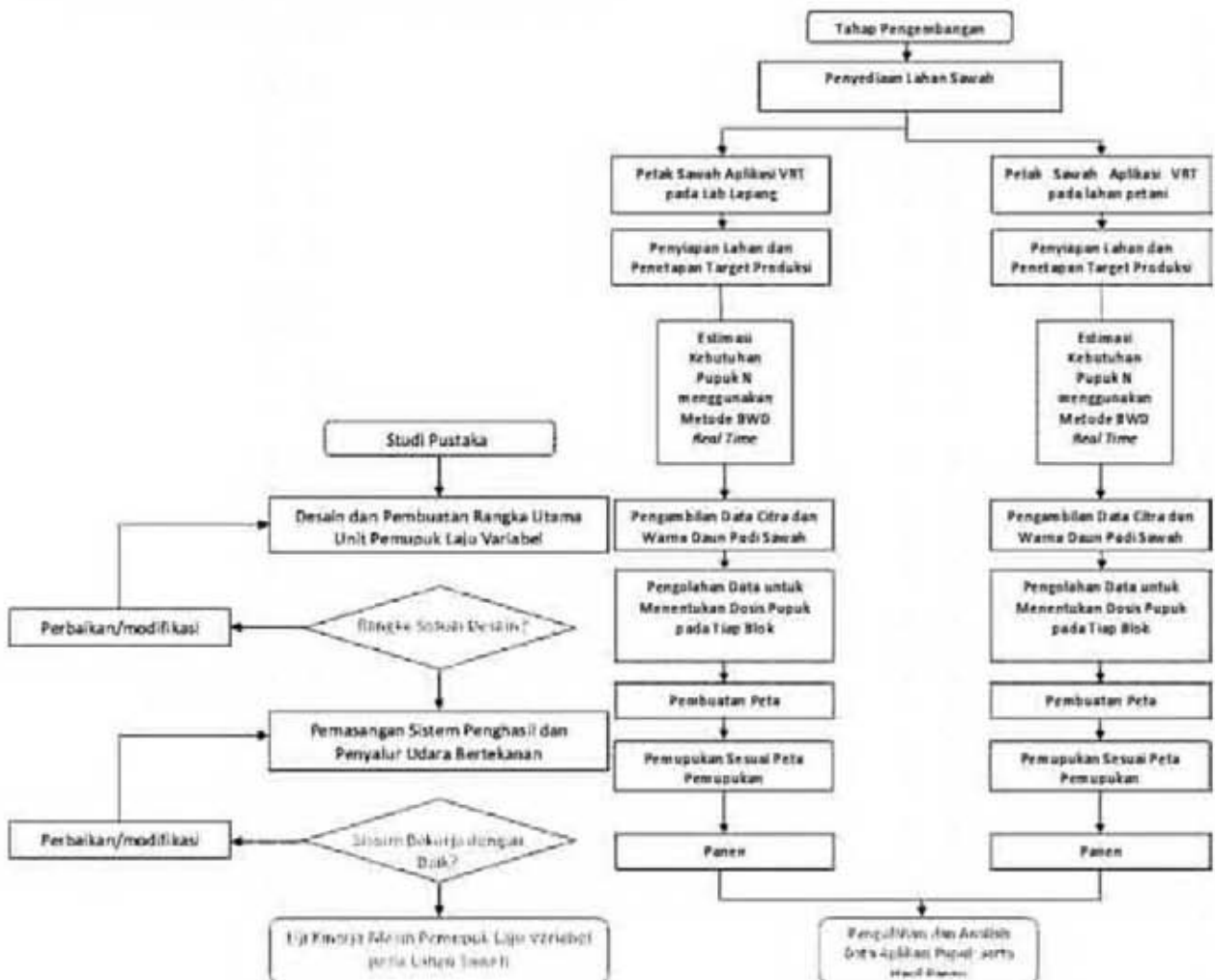
Tahap akhir penelitian adalah pengolahan data pemupukan dan analisis hasil panen. Kedua data tersebut diharapkan dapat menggambarkan fungsi metode VRT pemupukan padi sawah dalam kaitannya dengan tingkat keseragaman hasil panen dan produksi gabah.

**Analisis Rancangan**

Analisis rancangan terdiri dari dua bagian, yaitu rancangan fungsional dan rancangan struktural. Rancangan yang dibuat merupakan pengembangan mesin pemupuk satu penjatah pupuk yang dibuat oleh Azis (2010) dan mesin pemupuk empat penjatah pupuk yang dibuat oleh Sapsal (2011). Bagian-bagian mesin pemupuk dosis variabel ditunjukkan oleh Gambar 3.

Tiga titik gandeng berfungsi menghubungkan rangka blower dengan rangka utama traktor. Sementara itu, komponen puli dan sabuk berfungsi mentransmisikan tenaga putar Power Take Off (PTO) pada traktor menuju gearbox. Komponen gearbox digunakan untuk meningkatkan kecepatan putar (rpm) PTO sebesar sepuluh kali lipat bagi pemenuhan kebutuhan kecepatan putar blower sebesar 2800 rpm. Selanjutnya, blower digunakan

untuk menghasilkan aliran udara bertekanan guna menghembuskan butiran pupuk menuju nozzle pupuk. Rangka blower berfungsi sebagaiudukan blower dan rangka hopper. Rangka ini berfungsi untuk menahan keseluruhan beban ( $\pm 250$  kg) yang ada pada mesin pemupuk dosis variabel. Pada bagian lain, saluran udara bertekanan yang terpasang pada rangka blower berfungsi untuk mengalirkan udara yang dihasilkan blower menuju penjatah pupuk. Sedangkan saluran udara dan pupuk berfungsi untuk menyalurkan campuran udara bertekanan dan pupuk menuju diffuser. Akhir dari saluran udara dan pupuk adalah diffuser pupuk yang berfungsi menyebar campuran udara bertekanan dan pupuk ke lahan. Dosis yang keluar dari diffuser dihasilkan oleh penjatah pupuk yang berfungsi mengatur jumlah pupuk yang dikeluarkan sesuai dengan dosis yang ada pada peta pemupukan. Sementara itu, hopper memiliki fungsi sebagai wadah pupuk selama mesin beroperasi. Hopper berada dalam rangka hopper yang berfungsi sebagaiudukan dan juga penyangga berat dari hopper dan pupuk. Komponenudukan GPS radio receiver berfungsi sebagai tempat menempelnya radio transmitter untuk mengirim sinyal GPS menuju base station.



Gambar 2. Detail tahapan penelitian (kiri:tahap modifikasi, kanan:tahap uji kinerja)

Analisis rancangan struktural meliputi perhitungan kebutuhan torsi PTO untuk penggerak *blower*, perhitungan pemilihan jenis puli dan sabuk, simulasi pembagian udara bertekanan untuk menghembuskan pupuk, perhitungan pusat massa mesin dan pemilihan bahan untuk titik gandeng. Torsi yang dibutuhkan oleh PTO untuk menggerakkan *blower* adalah 23.87 Nm yang diperoleh dari perhitungan kebutuhan daya dan putaran kerja *blower*. Nilai ini jauh lebih rendah dibandingkan torsi yang tersedia pada mesin untuk PTO, 137 Nm, sehingga penggunaan *blower* sebagai penghasil udara bertekanan sangat memungkinkan. Torsi yang dibutuhkan oleh *blower* disalurkan menggunakan sistem transmisi. Karena putaran PTO tidak terlalu besar dan kondisi lingkungan kerja yang korosif akibat pupuk maka dipilih transmisi sabuk dan puli dibandingkan transmisi sproket-rantai. Tipe sabuk yang dipilih adalah tipe A, sesuai dengan perhitungan penyaluran daya dan putaran yang terdapat pada diagram pemilihan sabuk-V pada Sularso (2004). Kebutuhan debit *blower* dihitung berdasarkan target debit udara pada masing-masing *diffuser*. Mengacu pada percobaan yang dilakukan Setiawan (2001), debit yang dikeluarkan tiap *diffuser* adalah 0.018 m<sup>3</sup>/detik. Kebutuhan ini dapat diakomodasi oleh penyediaan debit sebesar ± 0.3375 m<sup>3</sup>/detik pada unit *blower*. Debit tersebut dapat diperoleh menggunakan *blower* dengan spesifikasi: *intermediate pressure blower* tipe CZR-750W. Komponen rangka *blower* merupakan struktur utama yang menopang *blower*, rangka *hopper*, komponen *hopper* dan penjatah, serta saluran udara bertekanan. Rangka *blower* dibuat

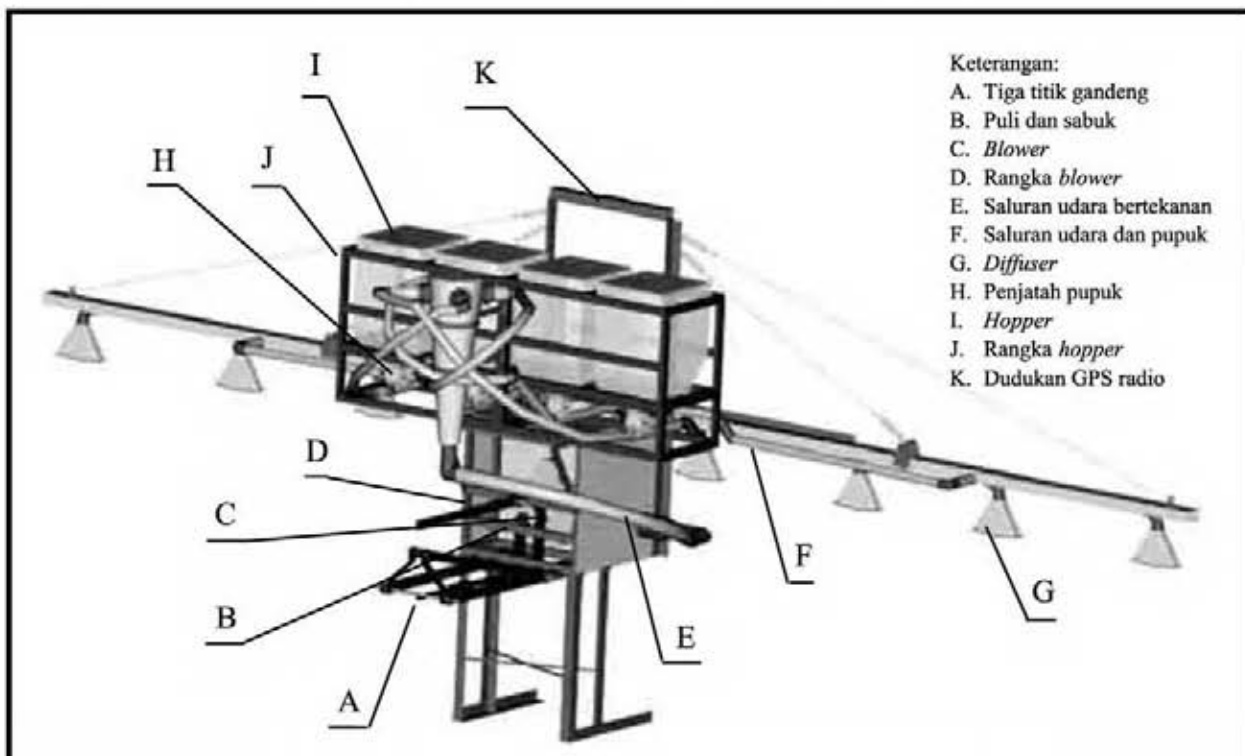
dari besi *hollow* 30 x 20 x 2 mm dan dirangkai menggunakan metode pengelasan. Sementara itu, rangka *hopper* dibuat menggunakan bahan *stainless steelhollow* dengan ukuran yang sama. Pembuatan rangka memperhitungkan pusat massa beban (*centroid*) dan momen yang terjadi pada tiap ujung titik gandeng. Simulasi penentuan titik pusat massa rangka dilakukan menggunakan aplikasi *inquiry* pada *autoCAD*. Pemilihan bahan rangka memperhitungkan kekuatan material khususnya kekuatan lentur, perhitungan tersebut menggunakan persamaan 1.

$$\sigma_a = \frac{M.c}{I_m} \tag{1}$$

Dimana  $\sigma_a$  = nilai kekuatan lentur bahan yang diperbolehkan (kgf/mm<sup>2</sup>), M = momen yang terjadi pada tangkai (kgf/mm), c = titik tengah bahan (mm), dan  $I_m$  = Inersia bahan (mm<sup>4</sup>). Beban total pada mesin akan menghasilkan tekanan 0.78 kgf/mm<sup>2</sup>. Nilai ini harus ditanggung oleh bahan yang memiliki kekuatan lentur akibat tekanan lebih besar dari itu. Baja karbon S45C dipilih karena memiliki kekuatan lentur 30 kgf/mm<sup>2</sup> sehingga aman untuk digunakan.

**Metode Pengujian**

Pengujian dilakukan dalam beberapa percobaan, yaitu: pengujian statis kinerja mesin pemupuk dosis variabel, pengujian lapang kinerja mesin pemupuk dosis variabel, dan analisis hasil keseragaman produksi gabah pada sawah yang dipupuk. Pengujian statis bertujuan mengetahui kinerja sistem kontrol, sistem pneumatik, dan sistem navigasi pada



Gambar 3. Bagian-bagian mesin pemupuk dosis variabel

mesin pemupuk dosis variabel. Kontrol penjatahan pupuk menggunakan persamaan matematik yang dipengaruhi parameter kecepatan maju, konstanta kalibrasi motor DC, slip putaran roda traktor, dosis dan lebar kerja. Persamaan tersebut diperlihatkan pada persamaan 2.

$$N_i = \frac{10 W D_s v (1 - s) - a_i}{b_i} \quad (2)$$

Dimana:  $N_i$  adalah kecepatan rotor penjatah pupuk ke  $i$  (r/s),  $W$  adalah lebar kerja (m),  $D_s$  adalah dosis pemupukan (kg/ha),  $v$  adalah kecepatan maju traktor (m/s),  $s$  adalah perkiraan slip,  $a_i$  dan  $b_i$  adalah konstanta kalibrasi penjatah pupuk ke  $i$ .

Uji statis terdiri dari pengujian debit diffuser, kalibrasi penjatah pupuk, dan pengujian sebaran pupuk. Setelah uji statis mencapai hasil yang memuaskan, uji kinerja lapangan dilakukan dengan memupuk sawah menggunakan mesin pemupuk dosis variabel. Pengujian ini dilakukan pada dua lahan sawah yang berbeda agar dapat dibandingkan hasil kinerjanya. Parameter yang diukur dalam uji lapangan adalah: slip traktor, penggunaan pupuk, dan kapasitas lapang efektif mesin. Selanjutnya, analisis hasil panen dilakukan untuk menguji tingkat keseragaman produksi gabah setelah aplikasi pupuk menggunakan mesin pemupuk dosis variabel. Semakin tinggi tingkat keseragaman produksi gabah berarti pupuk yang diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman.

### Hasil dan Pembahasan

#### Prototipe Mesin Pemupuk Dosis Variabel

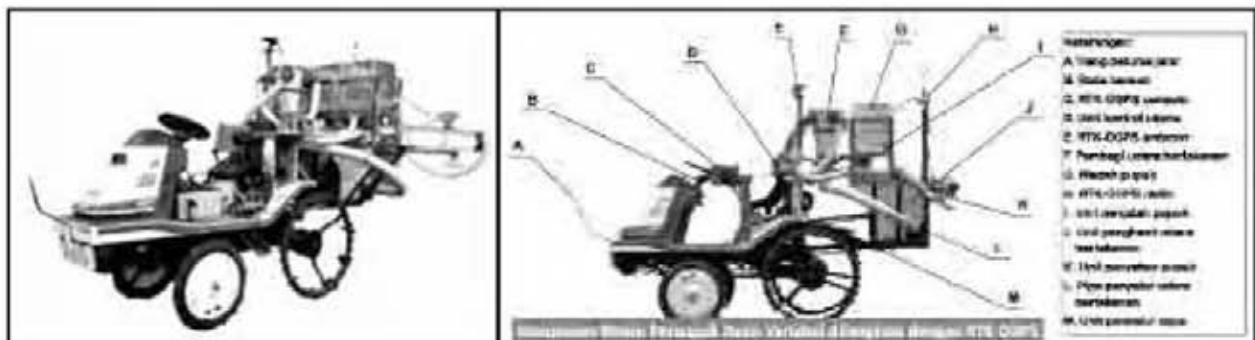
Hasil manufaktur dari pengembangan desain mesin pemupuk dosis variabel desain 2012 diperlihatkan pada Gambar 4.

Manufaktur desain terbaru mesin pemupuk dosis variabel memakan waktu dua bulan. Modifikasi dilakukan pada perubahan penggunaan bahan rangka utama, penambahan komponen kunci mekanik, penambahan sistem pneumatik, penambahan lengan *diffuser*, penambahan sistem transmisi penyalur daya, dan penambahan RTK-DGPS untuk sistem navigasi.

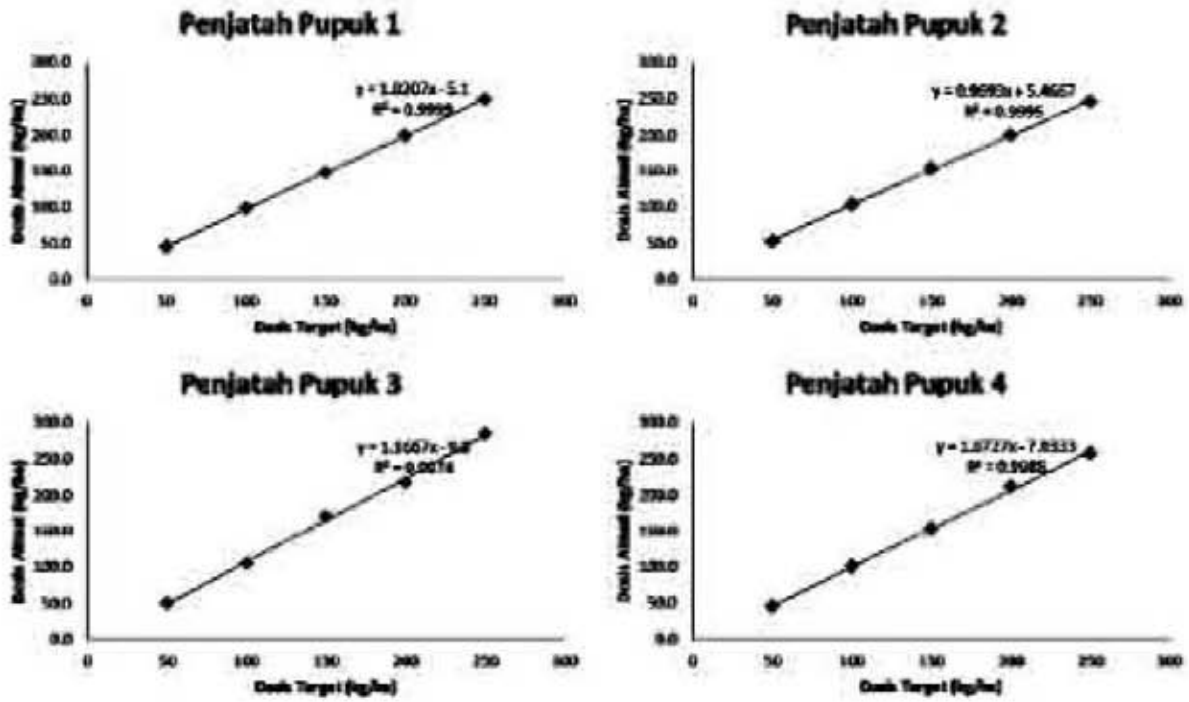
#### Uji kinerja statis mesin pemupuk dosis variabel

Pengujian kinerja statis mesin pemupuk dosis variabel dilakukan untuk mengetahui kinerja beberapa parameter kunci bagi proses pemupukan. Parameter-parameter tersebut adalah: keseragaman kecepatan udara pada penebar pupuk (*diffuser*), akurasi penjatah pupuk, dan parameter sebaran pupuk di lahan.

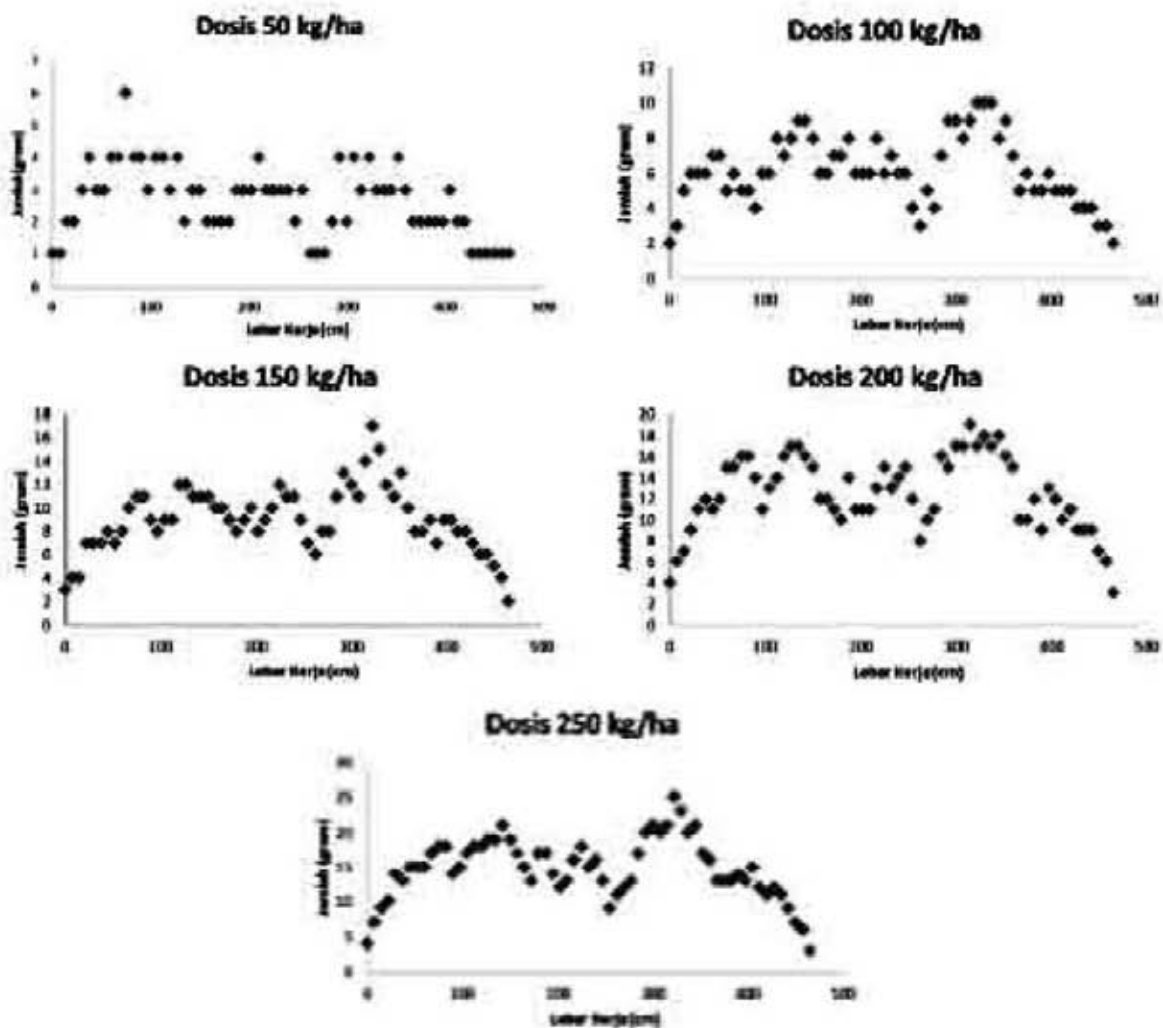
Aliran udara yang berfungsi sebagai penghembus pupuk dihasilkan oleh *blower* dan harus dibagi secara merata ke empat penjatah pupuk. Simulasi pembagian aliran udara dilakukan menggunakan aplikasi *flow simulation* pada *software* Solidworks 2011. Pengujian dilakukan pada tiga bagian saluran udara, yang pertama adalah bagian pembagi aliran udara, selanjutnya bagian keluar empat penjatah pupuk, dan terakhir pada delapan *diffuser* pupuk. Pengujian dilakukan dengan mengukur kecepatan alir udara bertekanan pada saluran udara. Aliran udara yang dihasilkan oleh *blower* memiliki kecepatan lebih dari 30 m/s. Pada bagian pembagi aliran yang berbentuk kerucut terbalik, aliran udara dibagi ke empat arah dengan kecepatan alir berturut-turut 16.6, 14.1, 13.3, dan 14.9 m/detik untuk saluran pertama hingga keempat. Nilai-nilai tersebut relatif tidak jauh berbeda satu sama lain sehingga geometri kerucut terpancung dianggap memenuhi syarat sebagai pembagi aliran. Selanjutnya aliran udara pada bagian penjatah pupuk diukur dan diperoleh hasil kecepatan udara untuk penjatah pupuk pertama hingga keempat berturut-turut 11.29 m/detik, 11.69 m/detik, 10.74 m/detik, dan 11.17 m/detik. Nilai rata-rata kecepatan alir tiap lubang keluaran adalah 11.22 m/detik dengan standar deviasi  $\pm 0.39$  m/detik. Keseragaman kecepatan alir tiap lubang dapat dikatakan tinggi karena nilai CV yang diperoleh cukup rendah, yaitu 3.5%. Bagian terakhir yang diuji adalah *diffuser* pupuk. Aliran udara terukur pada delapan *diffuser* berturut-turut: 6.29 m/detik, 6.52 m/detik, 6.86 m/detik, 6.70 m/detik, 6.80 m/detik, 6.50 m/detik, 5.64 m/detik, 5.75 m/detik. Kecepatan udara rata-rata dari kedelapan *diffuser* adalah 6.38 m/detik dengan nilai penyimpangan (standar deviasi) 0.46 m/detik. Keseragaman kecepatan alir udara tiap *diffuser* termasuk dalam kategori baik, hal ini dibuktikan dari nilai CV yang relatif rendah, yaitu 7.23%.



Gambar 4. Mesin pemupuk dosis variabel (kanan: keterangan komponen mesin)



Gambar 5. Hasil pengujian penjatah pupuk



Gambar 6. Pola sebaran pupuk pada lebar kerja mesin

Kalibrasi penjatah pupuk dilakukan dengan memberi perintah dosis pupuk yang ditargetkan dan membandingkannya dengan jumlah aktual yang dikeluarkan. Hasil kalibrasi menunjukkan adanya perbedaan antara dosis target dengan aktual. Masalah ini diselesaikan dengan menambahkan persamaan matematik sebagai koreksi hasil kalibrasi pada persamaan awal perhitungan dosis target. Pengujian penjatah pupuk dengan persamaan koreksi tersebut menunjukkan nilai yang sangat baik dengan nilai  $R^2$  mendekati 1. Hasil pengujian penjatah pupuk dalam mengeluarkan dosis target dibandingkan dosis aktual yang terukur diperlihatkan pada Gambar 5.

Uji kinerja statis terakhir adalah uji sebaran pupuk. Mesin pemupuk dosis variabel memiliki lebar kerja 4.8 m. Sepanjang lebar tersebut diharapkan pupuk dapat tersebar merata tanpa ada kekosongan pupuk di lokasi tertentu. Desain *diffuser* memiliki peran vital sebagai penyebar pupuk ke lahan. *Diffuser* dirancang agar dapat menyebarkan pupuk dalam rentang 0.6 m, sebaran pupuk dalam rentang ini tidaklah merata namun cenderung mengikuti pola sebaran normal dengan konsentrasi tertinggi terletak dibagian tengah. Agar jumlah pada rentang 4.8 m dapat merata dibutuhkan pola tumpang tindih pada bagian ujung sebaran *diffuser* sehingga konsentrasi pupuk yang rendah di ujung sebaran satu *diffuser* dapat diakumulasi dengan sebaran ujung *diffuser* lainnya. Hasil sebaran pupuk pada mesin pemupuk dosis variabel dengan berbagai dosis diperlihatkan oleh Gambar 6.

#### Uji lapang mesin pemupuk dosis variabel

Uji lapang merupakan kegiatan utama dari penelitian yang telah dilakukan sejak tahun 2010. Mesin pemupuk dosis variabel melakukan aplikasi pemupukan pada dua lahan yang berbeda. Lahan pertama merupakan lahan terkonsolidasi yang siap dengan introduksi mesin pertanian, luas lahan sebesar  $\pm 700 \text{ m}^2$  dan terletak di Lab. Lapang Siswadhi Soepardjo. Sementara itu, lahan berikutnya merupakan lahan sawah konvensional yang dimiliki petani dan belum terkonsolidasi untuk introduksi mesin pertanian. Lahan kedua memiliki luas  $\pm 1200 \text{ m}^2$  dan terletak di Desa Cikarawang, lingkaran kampus IPB Dramaga. Hal pertama

yang dilakukan sebelum aplikasi di lahan adalah observasi warna daun padi untuk pembuatan peta pemupukan. Lahan sawah dibagi menjadi blok-blok aplikasi berukuran  $5 \times 5 \text{ m}$  dan diukur kebutuhan pupuknya menggunakan metode BWD. Untuk lahan yang lebih luas, observasi dilakukan menggunakan pesawat radio kontrol yang dilengkapi kamera. Peta pemupukan berisi dosis yang sesuai dengan pupuk NPK (15-15-15) dan harus disebar oleh mesin pada blok-blok aplikasi. Data dosis tersebut dimasukkan kedalam program dalam unit kontrol utama mesin agar posisi mesin dan dosis yang harus dikeluarkan dapat diketahui. Proses aplikasi pupuk di lahan menggunakan mesin pemupuk dosis variabel diperlihatkan oleh Gambar 7.

Kapasitas lapang efektif mesin pada pemupukan padi sawah sebesar  $0.12 \text{ ha/jam}$  dengan slip rata-rata 21%. Setelah aplikasi pupuk dilakukan, kegiatan berikutnya adalah menghitung hasil panen padi pada kedua lahan. Proses pemanenan dilakukan pada tiap blok aplikasi, biomasa padi dipisahkan menurut lokasi blok serta proses perontokkan dilakukan secara terpisah. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keseragaman hasil panen serta produksi gabah pada blok-blok aplikasi pupuk. Gabah yang dihasilkan dari proses perontokkan dikeringkan hingga terukur nilai kadar air gabah saat dipanen. Kadar air yang diperoleh dari tiap sampel blok aplikasi dijadikan acuan dalam menghitung total massa gabah. Perhitungan kapasitas produksi gabah dilakukan dengan membandingkan massa dan kadar air gabah hasil panen dengan kadar air standar Gabah Kering Panen (25% BK). Massa gabah setiap blok aplikasi yang terukur dalam nilai kadar air Gabah Kering Panen dijadikan kapasitas produksi dengan mengkonversi satuan massa per luas blok aplikasi menjadi satuan ton per hektar. Kemudian nilai kapasitas produksi setiap blok diurutkan dari nilai terkecil hingga terbesar serta dicari nilai rata-rata dan standar deviasi dari data tersebut. Pada akhirnya, data hasil panen seluruh blok aplikasi akan dibagi menjadi tiga kelompok mengikuti pola sebaran normal dari kumpulan data. Kelompok pertama terdiri dari blok aplikasi dengan hasil produksi < dari rata-rata hasil produksi dikurangi standar deviasi, kelompok kedua terdiri dari blok dengan hasil produksi diantara nilai rata-rata hasil



Gambar 7. Pemupukan (kiri: Lab. Siswadhi Soepardjo, kanan: sawah Cikarawang)

produksi  $\pm$  standar deviasi, sementara kelompok terakhir terdiri dari blok dengan hasil produksi > dari nilai rata-rata hasil produksiditambah standar deviasi. Akumulasi persentase hasil produksi diplotkan kedalam peta hasil produksi. Peta hasil produksi gabah diperlihatkan pada Gambar 8.

Hasil produksi padi pada sawah Lab. Lapang Siswadhi Soepardjo dan sawah Cikarawang memiliki tingkat keseragaman sebesar 74.7% dan 70.4%. Tingkat keseragaman merupakan akumulasi hasil produksi padi yang dominan dari blok-blok panen pada kedua lahan percobaan. Menurut Setiawan (2000), tingkat keseragaman padi yang dipupuk menggunakan metode VRT dapat mencapai 74%, sementara hasil padi yang menggunakan metode URT memiliki tingkat keseragaman 44.9%. Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi pemupukan menggunakan metode VRT dapat meningkatkan keseragaman hasil produksi padi. Arti penting dari keseragaman produksi pada suatu lahan berguna pada penentuan umur panen dan taksasi panen yang dihasilkan, sehingga dalam suatu lahan tidak ada bagian pada petak lahan yang dipanen pada waktu berlainan. Penggunaan VRT dalam pemupukan selain dapat meningkatkan

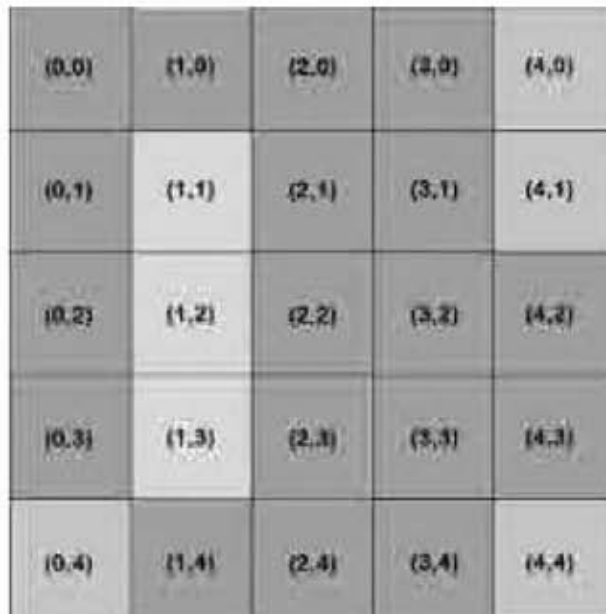
keseragaman hasil panen juga dapat mereduksi penggunaan pupuk yang berlebihan. Pembagian blok aplikasi memungkinkan pemberian pupuk dengan dosis berbeda antara satu blok dengan lainnya sehingga penggunaan pupuk jelas akan lebih tepat dosis dibandingkan dengan metode URT.

### Simpulan dan Saran

#### Simpulan

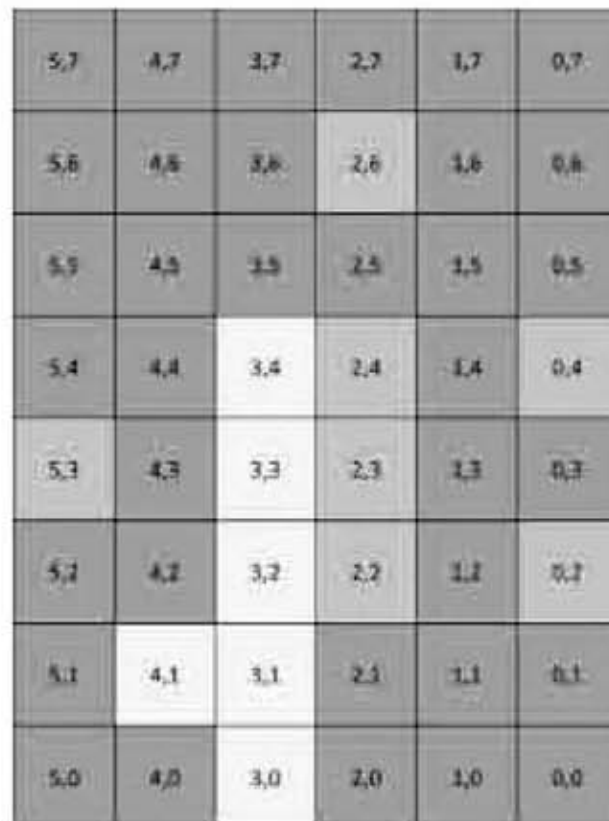
Berdasarkan hasil pengujian dilaboratorium dan dilapangan, beberapa kesimpulan yang dapat dipaparkan antara lain:

1. PTO traktor perawatan lahan sawah dapat dipergunakan sebagai sumber penggerak penghembus udara bertekanan untuk menyebarkan pupuk pada VRT modifikasi.
2. Uji kinerja mesin telah dilakukan pada dua lahan sawah yang terletak pada Lab. Lapang Siswadhi Soepardjo dan lahan sawah petani di daerah Cikarawang. Mesin pemupuk dosis variabel memiliki kapasitas lapang sebesar 0.12 ha/jam pada lahan percobaan Lab. Lapang Siswadhi



Keterangan:

- < 2.38 ton/ha
- 2.38 < x < 4.62 ton/ha
- > 4.62 ton/ha



Keterangan:

- < 1.04 ton/ha
- 1.04 < x < 2.98 ton/ha
- > 2.98 ton/ha

Gambar 8. Produksi gabah pada lahan Lab. Lapang (kiri) dan Cikarawang (kanan)



Soepardjo dan 0.14 ha/jam pada lahan sawah petani di Cikarawang. Kapasitas lapang efektif rata-rata mesin adalah 0.13 ha/jam dengan lebar kerja 4.8 m dan kecepatan maju 0.7 m/detik.

3. Tingkat keseragaman hasil produksi gabah pada kedua lahan memiliki nilai 74% dan 70.4%. Tingkat keseragaman hasil produksi gabah VRT lebih tinggi dibandingkan metode URT. Pemupukan metode VRT dapat menurunkan penggunaan pupuk sebesar 1-3% berdasarkan kebutuhan tanaman padi yang diukur menggunakan BWD. Selain itu penerapan pemupukan metode VRT dapat menghemat pupuk sebesar 13% jika terdapat variasi kebutuhan yang besar antar blok aplikasi.

#### Saran

Penelitian lebih lanjut disarankan untuk melakukan uji tingkat kekerasan tanah dan daya dukung lahan menggunakan penetrometer sebelum aplikasi pupuk menggunakan mesin pemupuk dosis variabel dilakukan. Hal ini untuk mengantisipasi amblesnya traktor pada saat bekerja dilahan. Selanjutnya, penelitian dan pengkajian aplikasi mesin pemupuk dosis variabel pada lahan perkebunan perlu dilakukan karena areal perkebunan yang lebih luas berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan mengurangi dampak lingkungan akibat pemupukan berlebihan.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Kemendiknas atas bantuan dana penelitian melalui Project I-MHERE IPB B.2.c.

#### Daftar Pustaka

- Astika I W, Setiawan R P, Ardiansyah M, Syuaib M F, Solahudin M. 2010. Smart Sensor Data Acquisition, Data Management, and Decision Support System. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Institut Pertanian Bogor.
- Aziz A. 2011. Disain dan Pengujian Metering Device untuk Unit Pemupuk Butiran Laju Variabel (*Variable Rate Granular Fertilizer Applicator*) [tesis]. Bogor : Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor
- Sapsal, Tahir M. 2011. Kontrol Aplikasi Penebar Pupuk Butiran Laju Variabel (*Variable Rate Granular Applicator*) dengan RTK-DGPS. Proposal Penelitian. Departemen Teknik Mesin Pertanian dan Pangan. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Setiawan, Radite P. A. 2001. Development of Variable Rate Granular Applicator for Paddy Field. Research Report: Kyoto University.
- Sularso, Suga Kiyokatsu. 2004. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramitra.