

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 7, No. 1, April 2019



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, berisi 15 naskah untuk setiap nomornya baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Mulai edisi ini ada perubahan dan penambahan anggota Dewan Redaksi jurnal berdasarkan SK Nomor 01/ KEP/KP/I/2019 yang dimaksudkan untuk meningkatkan pelayanan dan pengelolaan naskah sehingga penerbitannya tepat waktu. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi
Pertanian, IPB Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

Dewan Redaksi:

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)
Nanik Purwanti ((Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc
Food Research Center Irlandia)
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, Institut Pertanian Bogor)
Agus Ghautsun Niam (Scopus ID: 57205687481, IPB University)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680. Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026, E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 7 No. 1 April 2019. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Slamet Budijanto, M.Agr (Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr. Bambang Haryanto, MS. (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi), Dr.Ir. Hermantoro, MS. (INSTIPERYogyakarta), Dr.Ir. I Wayan Astika, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lenny Saulia, STP, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr. Satyanto Krido Saptomo, STP, M.Si (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Yuli Suharnoto, M.Eng (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Roh Santoso Budi Waspodo, MT (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Arief Sabdoyuwono, M.Sc (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr. Radi, STP, M.Eng. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Andri Prima Nugroho, STP, M.Sc, Ph.D. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr. Sri Rahayoe, STP, MP. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Diding Suhandy, STP, M.Agr, Ph.D (Jurusan Teknik Pertanian. Universitas Lampung), Eni Sumarni, STP, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman), Dr. Noor Roufiq Ahmadi, STP, MP (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura), Dr. Kurniawan Yuniarto, STP, MP (Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram), Dr. Andasuryani, STP, M.Si (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Moh. Agita Tjandra, M.Sc, Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas).

Technical Paper

Modifikasi Instrumen NIR untuk Penentuan Kandungan Kimia Bahan Organik secara Cepat dan Non Destruktif

Modification of NIR Instrument for Rapid and Nondestructive Determination of Chemical Content of Organic Material

Rizky Wiradinata, Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor.

Email: rizky.wirad@gmail.com

I Wayan Budiastra, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: wbudiastra@gmail.com

Slamet Widodo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: slamet_ae39@apps.ipb.ac.id

Abstract

NIRS has been successfully applied to determine chemical content of various materials. However, the commercial NIR instrument can not measure many samples in one measurement time so the faster measurement can not be realized. The purpose of this research are (1) to modify NIR instrument designed by Budiastra et al. (1998) so it can be used to measure absorbance of some samples in one measurement time, and (2) to test the performance of the modified NIR instrument in measuring the absorbance of coffee. The modified NIR instrument consists of optical unit, electronic unit and mechanical unit (auto-sample holder). A new mechanical unit (auto-sample holder) has been developed to measure reflectance of some samples automatically. The performance of modified NIR instrument was evaluated by its consistency, delay time, detect ability for different water content and compared to other NIR instrument. The consistency of instrument is high with the percentage of homogeneity of 98.65%. The optimal delay of measurement is 200 ms. The modified NIR instrument is able to measure the different water content of coffee. The modified NIR instrument have same pattern of absorbance characteristic and higher than other NIR instrument, since the modified NIR instrument used integrating sphere and a large amplifier signal amplification.

Keywords: *auto-sample holder, consistency, delay, modified NIR instrument, water content.*

Abstrak

NIRS telah berhasil dimanfaatkan untuk menentukan kandungan kimia berbagai macam bahan. Namun, instrumen NIR komersial tidak dapat mengukur banyak sampel dalam satu waktu pengukuran, sehingga pengukuran dengan waktu yang lebih cepat tidak tercapai. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) memodifikasi instrumen NIR hasil desain Budiastra *et al.* (1998) supaya dapat digunakan untuk mengukur beberapa sampel dalam satu waktu pengukuran dan (2) menguji kinerja instrumen NIR hasil modifikasi untuk mengukur absorbansi dari biji kopi. Instrumen NIR hasil modifikasi terdiri dari unit optik, unit elektronik dan unit mekanis (*auto-sample holder*). Unit mekanis (*auto-sample holder*) dibuat untuk mengukur reflektan beberapa sampel secara otomatis. Kinerja instrumen NIR hasil modifikasi dievaluasi berdasarkan konsistensi, waktu *delay*, kemampuan mendeteksi perbedaan kadar air dan perbandingan dengan alat NIR lain. Konsistensi hasil pengukuran instrumen NIR menunjukkan nilai yang tinggi dengan persentase kehomogenan sebesar 98.65%. *Delay* optimal pengukuran sebesar 200 ms. Instrumen NIR hasil modifikasi mampu mengukur kadar air biji kopi yang berbeda. Instrumen NIR hasil modifikasi mempunyai pola karakteristik absorbansi yang sama dan lebih tinggi daripada instrumen NIR lain, dikarenakan instrumen NIR menggunakan *integrating sphere* dan penguatan sinyal *amplifier* yang besar.

Kata kunci: *auto-sample holder, delay, kadar air, konsistensi, modifikasi instrumen NIR.*

Diterima: 25 September 2018; Disetujui: 18 Januari 2019

Latar Belakang

Penentuan mutu bahan berdasarkan kandungan kimianya menjadi hal yang penting dalam proses produksi bahan pertanian, karena kandungan kimia bahan mempengaruhi rasa dan aroma bahan pertanian itu sendiri. Dewasa ini, penentuan kandungan kimia bahan pertanian dilakukan dengan analisis laboratorium. Analisis laboratorium memberikan hasil yang lebih akurat dari pada analisis sensori manusia, namun analisis laboratorium bersifat destruktif atau penghancuran sampel sehingga membutuhkan waktu yang lama dan biaya tinggi (Huck *et al.*, 2005). Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah teknologi *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS). Teknologi NIRS yang digunakan dalam instrumen NIR mampu menentukan kandungan kimia berbagai macam bahan hasil pertanian.

Near Infrared (NIR) adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 780 nm – 2500 nm atau 12800 cm^{-1} – 4000 cm^{-1} (Schwanninger *et al.*, 2011). Teknologi NIRS adalah salah satu metode non destruktif yang dapat menganalisis kandungan kimia suatu bahan dengan kecepatan tinggi, tidak menimbulkan polusi, penggunaan preparat contoh yang sederhana dan tidak memerlukan tambahan bahan kimia (Karlinasari *et al.*, 2012). Setiap bahan organik memiliki spektrum gabungan NIR yang beragam dan unik, spektrum tersebut diperoleh dari efek penyebaran, penyerapan dan pantulan gelombang NIR oleh bahan yang dapat mendeteksi berbagai komponen kimia dalam satu spektrum (Ayu, 2017).

Analisis kandungan kimia bahan menggunakan instrumen NIR mampu memberikan hasil yang akurat, namun kebanyakan instrumen NIR yang digunakan merupakan hasil pabrikasi yang tidak mudah dimodifikasi. Salah satu kekurangan instrumen NIR yang ada adalah sampel yang akan diukur harus dimasukkan satu per satu ke dalam tempat sampel, sehingga menjadikan proses pengukuran menjadi kurang efisien dalam mengukur sampel dengan jumlah yang sangat banyak. Budiastra *et al.* (1998) membuat instrumen NIR yang memungkinkan untuk dimodifikasi terdiri dari unit optik dan unit elektronik. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi instrumen NIR hasil rancangan Budiastra *et al.* (1998) yang dapat digunakan untuk mengukur beberapa sampel secara otomatis dalam satu waktu pengukuran dan

menguji instrumen NIR hasil modifikasi tersebut untuk penentuan kandungan kimia biji kopi.

Bahan dan Metode

Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk merancang dan membuat unit mekanis (*auto-sample holder*) adalah SolidWork 2015, mesin las listrik, dan obeng, sedangkan untuk memodifikasi unit optik antara lain *static mixer*, preparat, dan timbangan digital. Peralatan untuk memodifikasi unit elektronik adalah Visual Basic 6.0, *stepper motor*, *driver stepper motor*, adaptor 12 Volt, *arduino nano*, solder dan *digital multimeter*. Bahan yang dibutuhkan untuk membuat *auto-sample holder* adalah *bearing*, kawat solder, plat besi ketebalan 1 mm, akrilik ketebalan 5 mm dan besi poros berdiameter 8 mm. Sedangkan untuk memodifikasi unit optik adalah kertas karton hitam, lem, Barium Sulfat (BaSO_4) dan cat lateks putih, serta untuk pengujian alat adalah Barium Sulfat (BaSO_4) dan biji kopi.

Rancangan Unit Mekanis (*Auto-Sample Holder*)

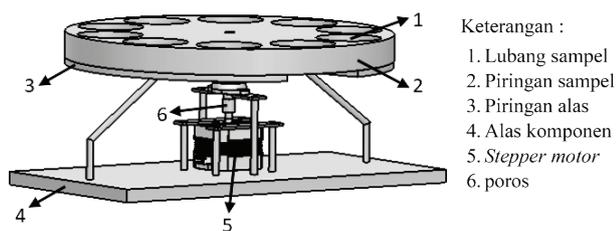
Unit mekanis (*auto-sample holder*) berfungsi untuk menampung lebih dari satu sampel yang akan diukur dan mampu memindahkan sampel yang telah diukur secara otomatis. Hasil rancangan unit mekanis (*auto-sample holder*) dapat dilihat pada Gambar 1.

Mekanisme perpindahan sampel dilakukan dengan perputaran (rotasi) piringan sampel pada porosnya, mekanisme tersebut dipilih karena relatif mudah dan sederhana dalam pembuatannya. Piringan sampel dan piringan alas berbentuk silinder dengan diameter masing-masing 250 mm, pemilihan bentuk dan ukuran tersebut didasarkan pada ruang untuk unit mekanis (*auto-sample holder*) yang terbatas. Tebal piringan sampel adalah 20 mm karena menyesuaikan dengan tinggi preparat sampel alat NIR yang sering digunakan, sedangkan tebal piringan alas adalah 5 mm. Piringan sampel dan piringan alas terbuat dari akrilik, karena mudah dibentuk, harga relatif murah dan mempunyai kekuatan tarik (*tensile strength*) sebesar 69 MPa.

Poros yang digunakan terbuat dari besi pejal dengan ukuran 8 mm. Pemilihan poros disesuaikan dengan diameter *bearing* yang tersedia. Perhitungan daya yang dibutuhkan mengikuti persamaan 1

$$P = I \times \alpha \times \omega \quad (1)$$

P adalah daya (W), ω adalah kecepatan sudut (rad/s), I adalah momen inersia (kg.m^2), T adalah torsi (N.m) dan α adalah percepatan sudut (rad/s^2). Berdasarkan persamaan 1, diperoleh nilai daya yang dibutuhkan untuk memutar piringan sampel sebesar 10 rpm dalam waktu 1 detik dari posisi awal adalah 0.011 W sedangkan torsi yang dibutuhkan sebesar 0.0103 N.m. Perhitungan kebutuhan daya tersebut digunakan sebagai dasar pemilihan *stepper motor* yang dibutuhkan. *Stepper motor* yang dipilih harus



Keterangan :

1. Lubang sampel
2. Piringan sampel
3. Piringan alas
4. Alas komponen
5. Stepper motor
6. poros

Gambar 1. Rancangan unit mekanis (*auto-sample holder*).

mempunyai torsi yang lebih besar daripada torsi yang dibutuhkan untuk memutar piringan sampel.

Modifikasi Unit Optik

Unit optik berfungsi untuk membangkitkan gelombang NIR dan meneruskannya untuk mengukur kandungan kimia sampel. Komponen unit optik terdiri dari lampu halogen 150W tipe AT-100HG sebagai sumber gelombang, *chopper* tipe AT-100CH untuk memotong gelombang menjadi spektrum NIR, *monochromator* tipe SPG-100IR untuk mengatur panjang gelombang NIR, *integrating sphere* tipe ISR-260 sebagai tempat pengukuran sampel dan memperkuat sinyal absorbansi, filter gelombang NIR, satu buah lensa dan sensor PbS (Budiastra *et al.*, 1998).

Secara singkat, prinsip kerja instrumen NIR Budiastra *et al.* (1998) adalah cahaya yang dihasilkan oleh lampu halogen (panjang gelombang 700–2500 nm) melewati *chopper* selanjutnya diteruskan menuju *monochromator*. Sebelum melewati *monochromator*, gelombang NIR melewati filter untuk menghadang panjang gelombang yang tidak diinginkan, hal tersebut dilakukan untuk menghilangkan permasalahan *overlapping* pada *monochromator*. Sebuah lensa (tebal 3.2 mm, diameter 2 mm) berada di antara *integrating sphere* dan *monochromator* berfungsi untuk memfokuskan spektrum NIR yang keluar dari celah *monochromator*. Gelombang NIR yang melewati *monochromator* diteruskan menuju *integrating sphere*. *Integrating sphere* berfungsi untuk memperkuat sinyal absorbansi dengan proses refleksi gelombang yang berulang-ulang di dalam *integrating sphere*. Pantulan gelombang NIR dari sampel di dalam *integrating sphere* selanjutnya ditangkap oleh sensor untuk diteruskan ke unit elektronik.

Modifikasi yang dilakukan adalah menambahkan penutup unit optik dan mengganti lapisan dalam (*coating*) *integrating sphere*. Penutup unit optik terbuat dari karton hitam yang bertujuan untuk mencegah gangguan cahaya dari luar selama proses pengukuran sedang berlangsung. Penggantian *coating integrating sphere* dengan *coating* baru bertujuan untuk membuat data reflektan menjadi semakin kuat. *Coating integrating sphere* terbuat dari campuran Barium sulfat (BaSO_4) dan cat putih tipe *latex paint*. BaSO_4 adalah serbuk putih yang telah digunakan sebagai referensi standar putih (Weider dan Hsia 1981). Campuran BaSO_4 dan *latex paint* (50:50) mampu memantulkan cahaya dengan tingkat reflektansi di atas 95% dan stabil pada rentang panjang gelombang NIR (Knighton dan Bugbee 2014). BaSO_4 dan *latex paint* dicampur menggunakan *static mixer* agar menjadi campuran yang homogen. Campuran tersebut selanjutnya digunakan untuk melapisi bagian dalam *integrating sphere* menggunakan metode pengecatan kompresor.

Modifikasi Unit Elektronik

Unit elektronik berfungsi untuk menangkap dan menampilkan hasil pengukuran instrumen NIR.

Secara singkat, prinsip kerja unit elektronik Budiastra *et al.* (1998) adalah menggerakkan motor *stepper* yang terpasang pada bagian bawah *monochromator*, menangkap reflektan NIR yang mengenai sampel oleh sensor dan menampilkan hasil pengukuran. Motor *stepper* yang terpasang pada bagian bawah *monochromator* berfungsi untuk mengubah posisi prisma di dalam *monochromator*. Perubahan posisi prisma menyebabkan gelombang NIR yang keluar dari *monochromator* menjadi *single wave length*. Resolusi dan kecepatan motor *stepper* diatur oleh *personal computer* (PC) melalui *interface* pengatur pulsa motor (*pulse motor controller*). Program komputer yang dikembangkan untuk mengatur putaran motor *stepper* ditulis dalam Bahasa C. Resolusi dari motor *stepper* adalah 500 pulsa per putaran motor, sehingga mampu menghasilkan perubahan panjang gelombang sebesar 0.1 nm per pulsanya. Indikator perubahan panjang gelombang dapat dilihat pada *display* yang berada di atas *monochromator*. Gelombang NIR yang keluar dari *monochromator* diteruskan hingga mengenai sampel dan menghasilkan reflektan NIR dari sampel tersebut. Reflektan NIR selanjutnya ditangkap oleh sensor dan dirubah menjadi sinyal berupa tegangan listrik. Sinyal yang ditangkap oleh sensor sangat kecil, sehingga membutuhkan penguat sinyal berupa *lock in-amplifier*. Hasil dari pengukuran selanjutnya ditampilkan oleh PC.

Modifikasi unit elektronik dilakukan dengan mengganti 12 bit A/D *converter*, D/O *board* dan *pulse motor controller*. Bagian-bagian dari unit elektronik tersebut telah rusak dan sulit untuk mendapatkan komponen penggantinya. Alternatif yang bisa digunakan adalah mengganti unit elektronik baru yang terbuat dari *arduino nano*, *stepper motor*, *driver stepper motor* dan adaptor 12V. Sinyal yang telah keluar dari *amplifier* selanjutnya dirubah menjadi sinyal digital menggunakan ADC yang telah tersedia pada *arduino nano* dan ditampilkan pada komputer dalam besaran tegangan listrik. Suatu *software* komputer dibuat menggunakan Visual Basic 6.0 sebagai *user interface* untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikan instrumen NIR hasil modifikasi.

Pengujian Kinerja Instrumen NIR

Pengujian Kinerja Dasar Instrumen NIR

Pengujian kinerja instrumen NIR hasil modifikasi dilakukan empat tahap yaitu pengujian konsistensi hasil pengukuran, pengujian *delay*, pengujian perlakuan kadar air dan pengujian perbandingan dengan alat NIR lain. Pengujian konsistensi bertujuan untuk mengetahui keseragaman hasil pengukuran instrumen NIR hasil modifikasi. Bahan uji pada pengujian ini adalah standar putih Barium Sulfat (BaSO_4). Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan bahan uji pada tempat sampel, selanjutnya diukur dengan menggunakan instrumen NIR sebanyak empat kali pada waktu pengulangan yang berbeda. Hasil dari pengujian ini selanjutnya diolah menggunakan uji kehomogenan ragam. Uji kehomogenan ragam bertujuan untuk mengetahui

data yang diperoleh tersebut telah homogen atau tidak. Uji kehomogenan ragam menggunakan statistik uji *Levene* dengan taraf signifikansi 5% (Wijaya, 2000).

Apabila nilai signifikan yang diperoleh dari statistik uji *Levene* kurang dari 5% atau 0.05, maka data yang diperoleh tidak homogen artinya hasil pengukuran tidak konsisten, begitu juga sebaliknya. Selain menggunakan statistik uji *Levene*, kehomogenan hasil pengukuran dapat diketahui dengan menghitung persentase kehomogenan (Mattjik dan Sumertajaya 2006). Persentase kehomogenan dapat dihitung menggunakan persamaan 2 dan 3.

$$KK = \frac{\sqrt{KTG}}{\bar{Y}} \times 100\% \quad (2)$$

$$TK = 100\% - KK \quad (3)$$

KK adalah koefisien keragaman penjabaran atau sering juga disebut dengan keragaman relatif terhadap besaran data (%), *KTG* adalah pendugaan ragam galat yang diketahui dari *software* SPSS, \bar{Y} adalah rata-rata semua data hasil pengukuran dan *TK* adalah tingkat kehomogenan (%).

Pengujian *delay* bertujuan untuk mengetahui *delay* optimal yang akan dipilih untuk melakukan pengambilan data dengan menggunakan instrumen NIR. *Delay* atau waktu tunda harus sama dengan waktu yang dibutuhkan sensor untuk melakukan pendeteksian sehingga terjadi sinkronisasi (Dzulkifli et al., 2016). Pemilihan *delay* yang tepat akan memberikan hasil yang akurat dengan waktu yang pengukuran yang singkat. Pengujian ini menggunakan enam perlakuan *delay* dalam satuan *milisecond* (ms) yaitu 1000 ms, 800 ms, 600 ms, 400 ms, 200 ms dan 0 ms. *Delay* 1000 ms ditetapkan sebagai kontrol, karena dengan *delay* sebesar itu diasumsikan sensor telah selesai melakukan proses pendeteksian. Data hasil pengujian *delay* selanjutnya diolah dengan menggunakan uji ANOVA. Uji ANOVA bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan pada masing-masing perlakuan *delay*. Langkah awal uji ANOVA adalah melakukan uji normalitas untuk mengetahui distribusi data *delay* yang diperoleh normal atau tidak. Uji normalitas menggunakan statistik uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan taraf signifikansi 5% (Wijaya, 2000).

Apabila nilai signifikan yang diperoleh dari statistik uji *Kolmogorov-Smirnov* kurang dari 5% atau 0.05, maka distribusi data yang diperoleh tidak normal, artinya uji ANOVA tidak dapat dilakukan. Apabila sebaran data *delay* adalah sebaran normal, maka langkah selanjutnya adalah uji kehomogenan ragam. Uji kehomogenan ragam menggunakan statistik uji *Levene* dengan taraf signifikansi 5%, artinya bila nilai signifikan di atas 0.05 maka data yang diperoleh telah homogen (Wijaya, 2000). Setelah memastikan data *delay* yang diperoleh mempunyai distribusi normal dan homogen, uji ANOVA dapat dilakukan. Semua tahapan uji ANOVA yang dilakukan menggunakan *software* SPSS *Statistic 22*.

Pengujian perbandingan dengan alat NIR lain bertujuan untuk mengetahui sama atau tidaknya hasil pengukuran instrumen NIR dengan alat NIR lain yang sering digunakan. Alat NIR lain yang digunakan sebagai pembanding adalah FT NIR *Spectrometer* tipe NIRFlex N-500 (BUCHI Labortechnik, Switzerland). Alat tersebut berada di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP) Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Data hasil pengukuran menggunakan instrumen NIR dan NIRFlex N-500 dibandingkan pada rentang panjang gelombang 1000 – 1400 nm. Pemilihan panjang gelombang 1000 – 1400 nm didasarkan pada rasio sinyal eror (*signal to noise ratio* atau S/N) instrumen NIR hasil modifikasi yang lebih tinggi pada rentang panjang gelombang 1000 – 1400 nm dibandingkan pada rentang panjang gelombang yang lainnya (1400 – 2500 nm) dibuktikan oleh kehalusan dari spektrum yang diperoleh. Bahan uji yang digunakan adalah bahan organik berupa biji kopi. Prosedur pengambilan data diawali dengan persiapan sampel. Sampel diletakan pada preparat FT NIR yang berbentuk cawan petri tanpa tutup dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 2 cm. Sampel disusun sedemikian rupa sehingga membentuk minimal empat lapisan biji kopi, selanjutnya diukur menggunakan FT NIR. Sampel biji kopi yang telah diukur menggunakan FT NIR selanjutnya diukur menggunakan instrumen NIR hasil modifikasi. Data yang diperoleh dari instrumen NIR diubah menjadi nilai reflektan. Nilai reflektan dari instrumen NIR dan FT NIR ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan nilai reflektan dan panjang gelombang.

Pengujian Kinerja untuk Pengukuran Kadar Air Biji Kopi

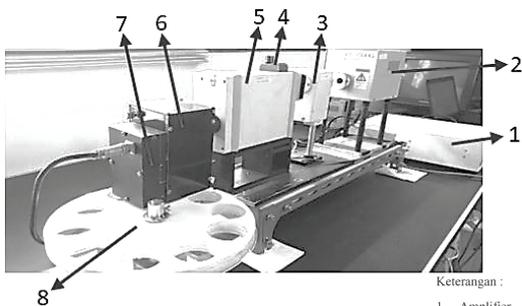
Pengujian kadar air kopi bertujuan untuk mengetahui respon instrumen NIR bila digunakan untuk mengukur sampel yang sama dengan kandungan kimia yang berbeda. Terdapat tiga faktor utama dalam pengujian NIR spektroskopi, yaitu ukuran partikel, kadar air dan suhu bahan yang diuji (Burn dan Ciurezak 2008). Sampel berbentuk padatan dengan kadar air tinggi memiliki tingkat absorbansi yang lebih tinggi dari pada sampel padatan dengan kadar air yang rendah (Karlinasari et al., 2012). Bahan uji yang digunakan untuk pengujian ini adalah standar putih dan biji kopi dengan tiga kadar air yaitu 12.6%, 16.06% dan 20.43%. Ketiga sampel tersebut diletakan pada wadah sampel, selanjutnya diletakan pada *sample holder integrating sphere*. Data yang diperoleh berupa data tegangan listrik sampel dan data tegangan listrik standar putih, selanjutnya kedua data tersebut dibandingkan dan diperoleh nilai reflektansi sampel (*R*). Data reflektan sampel dirubah menjadi log (1/*R*) untuk mendapatkan nilai absorbansi sampel (Budiastra et al., 1998). Data absorbansi (*A*) selanjutnya ditampilkan dalam grafik menggunakan *software* Ms Excel.

Hasil dan Pembahasan

Modifikasi Instrumen NIR

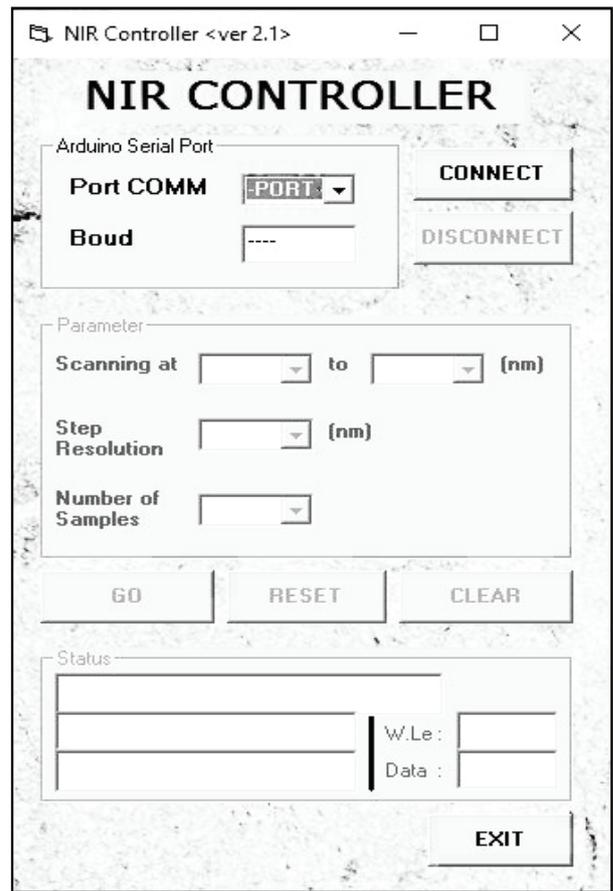
Modifikasi instrumen NIR dan pembuatan *auto-sample holder* telah berhasil dilakukan. Konstruksi instrumen NIR yang telah terintegrasi dengan *auto-sample holder* dapat dilihat pada Gambar 2.

Semua komponen unit optik diproduksi oleh Shimadzu Jepang. Jarak yang direkomendasikan oleh Shimadzu antara lampu halogen dengan *chopper* adalah 60 mm dan antara *chopper* dengan *monochromator* adalah 30 mm (Budiastra *et al.*, 1998). *Software NIR Controller* untuk mengendalikan instrumen NIR telah berhasil dibuat (Gambar 3). Prosedur pengukuran bahan organik menggunakan instrumen NIR hasil modifikasi terintegrasi dengan *auto-sample holder* dapat dilihat pada Gambar 4.

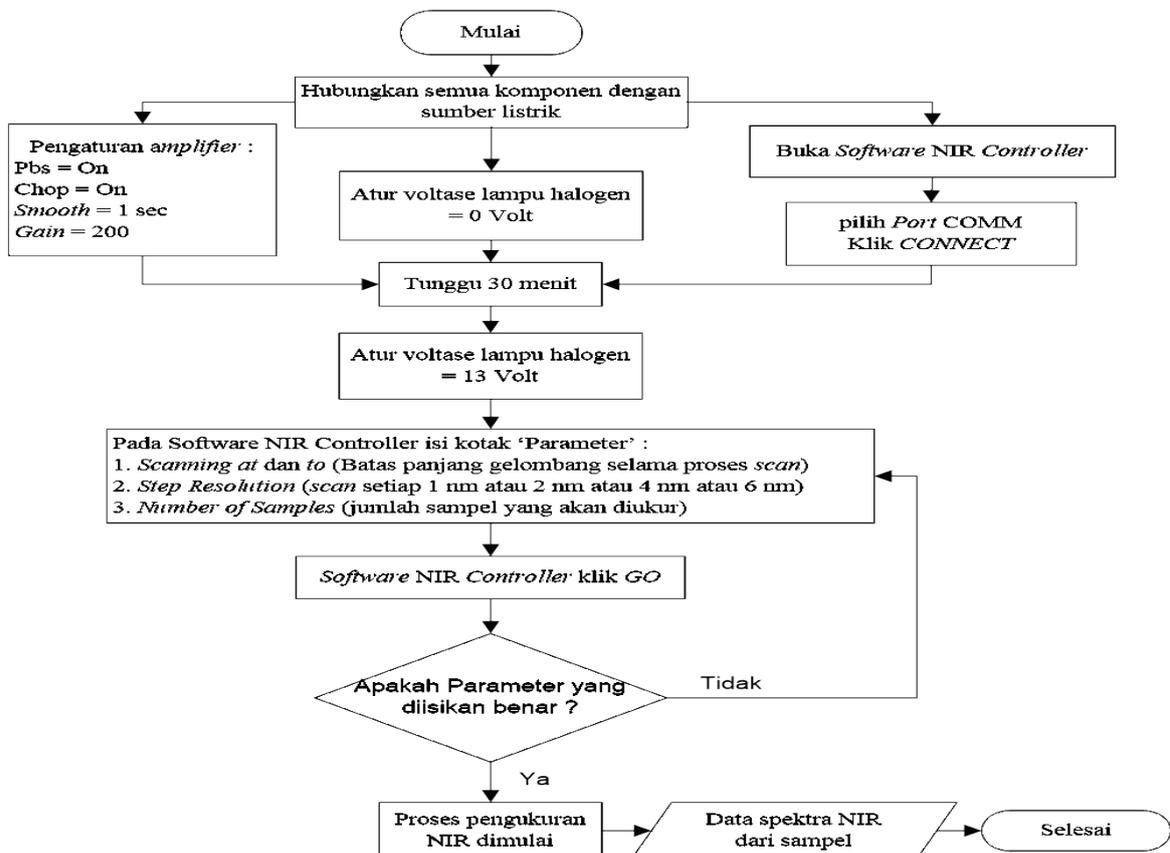


Keterangan :
 1. Amplifier
 2. Lampu halogen
 3. Chopper
 4. Indikator panjang gelombang
 5. Monochromator
 6. Integrating sphere
 7. Komponen sensor
 8. Auto-sample holder

Gambar 2. Instrumen NIR terintegrasi dengan *auto-sample holder*.



Gambar 3. Tampilan *software NIR Controller*.



Gambar 4. Prosedur pengukuran bahan organik dengan instrumen NIR.

Tabel 1. Uji kehomogenan ragam hasil pengukuran.

		Levene Statistic	df1	df2	ig.
mV	Based on Mean	0.236	99	300	1
	Based on Median	0.189	99	300	1
	Based on Median and with adjusted df	0.189	99	226.587	1
	Based on trimmed mean	0.233	99	300	1

Tabel 2. ANOVA pengujian delay.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	143027.451	5	28605.490	0.785	0.561
Within Groups	10713894.716	294	36441.819		
Total	10856922.167	299			

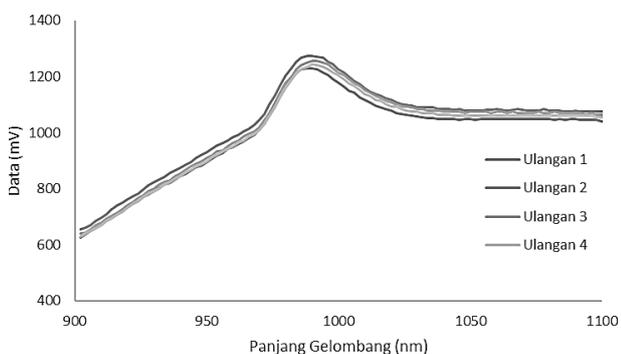
Pengujian Kinerja Dasar Instrumen NIR Konsistensi Hasil Pengukuran

Hasil dari pengujian konsistensi hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5. Pengujian ini hanya dilakukan pada rentang panjang gelombang 900 – 1100 nm sebagai sampling spektrum yang diperoleh lebih halus dari rentang panjang gelombang yang lainnya dan pada rentang panjang gelombang tersebut fluktuasi spektrum standar putih bisa terlihat dengan jelas. Selain itu, pola grafik yang ditunjukkan pada rentang panjang gelombang tersebut telah sama pada semua pengulangan, sehingga pada rentang panjang gelombang tersebut telah mampu menunjukkan kekonsistenan hasil pengukuran. Grafik yang dihasilkan pada setiap ulangan pengujian

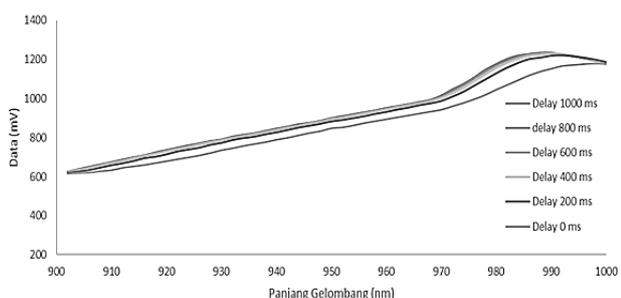
mempunyai pola yang sama dan saling berhimpit. Uji kehomogenan ragam dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, uji kehomogenan ragam hasil pengukuran instrumen NIR menggunakan statistik uji *Levene* menghasilkan nilai signifikan sebesar satu pada setiap basis ujinya. Basis uji statistik uji *Levene* meliputi basis rata-rata, basis nilai tengah, basis nilai tengah dengan derajat bebas dan basis *trimmed mean*. Nilai signifikan setiap basis uji lebih dari 0.05, artinya ragam konsistensi hasil pengukuran adalah homogen.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan 2 dan 3, diperoleh nilai kehomogenan ragam pengujian konsistensi hasil pengukuran pada rentang panjang gelombang 900–1100 nm sebesar 98.45%. Besarnya nilai kehomogenan ragam menunjukkan hasil pengukuran menggunakan instrumen NIR menghasilkan data yang relatif sama pada setiap pengulangannya, sehingga instrumen NIR hasil modifikasi dari rancangan Budiastra et al. (1998) memiliki konsistensi hasil pengukuran yang tinggi. Konsistensi hasil pengukuran suatu alat yang baru dibuat atau dimodifikasi penting untuk diketahui karena dapat mempengaruhi tingkat kepercayaan pengguna terhadap alat tersebut.



Gambar 5. Hasil pengujian konsistensi hasil pengukuran.



Gambar 6. Hasil pengujian delay.

Pengujian Delay

Hasil pengujian *delay* ditampilkan dalam grafik hubungan data yang diperoleh (mV) dan panjang gelombang (Gambar 6). Gambar 6 menunjukkan bahwa rentang panjang gelombang yang digunakan pada pengujian ini adalah 900-1000 nm, karena pada rentang ini sudah terlihat perbedaan data perlakuan *delay* dengan jelas, sehingga untuk mempersingkat waktu pengambilan data dipilihlah panjang gelombang pada rentang tersebut. Grafik yang dihasilkan pada setiap *delay* mempunyai pola yang sama dan saling berhimpit (kecuali pada *delay* 0 ms). Perbedaan yang jelas terlihat adalah grafik *delay* 0 ms, grafik tersebut terletak pada posisi yang paling bawah. Artinya nilai (mV) pada *delay* 0 ms adalah nilai yang terkecil dibandingkan dengan nilai semua perlakuan *delay*.

Hal tersebut dikarenakan waktu yang dibutuhkan sensor untuk melakukan pendeteksian lebih besar dari pada 0 ms, sehingga kinerja sensor dalam melakukan pendeteksian kurang optimal.

Sebelum melakukan uji ANOVA, data *delay* harus melalui uji kenormalan dan uji homogenitas ragam. Hasil dari uji kenormalan menggunakan statistik uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah nilai signifikan pada setiap perlakuan *delay* diatas 0.05, artinya data menyebar secara normal. Hasil dari uji kehomogenan ragam menggunakan statistik uji *Levene* adalah nilai signifikan diatas 0.05, artinya data *delay* mempunyai ragam homogen. Berdasarkan kedua uji statistik tersebut, data yang diperoleh dari pengujian *delay* adalah data yang mempunyai sebaran normal dan ragam homogen, sehingga uji ANOVA bisa dilakukan. Hasil uji ANOVA untuk pengujian *delay* dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan uji ANOVA, diperoleh nilai signifikan sebesar 0.561. Nilai signifikan tersebut lebih besar dari 0.05, artinya tidak terdapat beda nyata antar setiap *delay* yang diujikan, artinya berapapun *delay* yang dipilih akan memberikan hasil yang tidak jauh berbeda dengan *delay* 1000 ms.

Berdasarkan uji ANOVA, *delay* optimum yang dipilih untuk proses pengukuran menggunakan instrumen NIR adalah 200 ms. Alasan pemilihan tersebut adalah data pada *delay* 200 ms tidak mempunyai perbedaan yang signifikan dengan *delay* 1000 ms, dibuktikan dengan grafik *delay* 200 ms lebih mendekati *delay* 1000 ms bila dibandingkan dengan *delay* 0 ms.

Perbandingan Instrumen NIR dengan Alat NIR Lain

Hasil pengujian perbandingan dengan alat NIR lain dapat dilihat pada Gambar 7. Pengujian ini hanya bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran spektrum NIR pada bahan organik (biji kopi) dengan rentang panjang gelombang 1000–1400 nm. Pemilihan panjang gelombang 1000–1400 nm didasarkan pada rasio sinyal eror (*signal to noise ratio* atau *S/N*) instrumen NIR hasil modifikasi yang lebih tinggi pada rentang panjang gelombang 1000–1400 nm dibandingkan pada rentang panjang gelombang yang lainnya (1400–2500 nm) dibuktikan oleh kehalusan dari spektrum yang diperoleh. Selain itu, karena penggunaan *filter* pada instrumen NIR adalah *filter* 900–1400 nm, sedangkan NIRFlex N-500 bekerja pada rentang panjang gelombang 1000–2500 nm, sehingga panjang gelombang yang dipilih pada pengujian ini adalah pada rentang 1000–1400 nm.

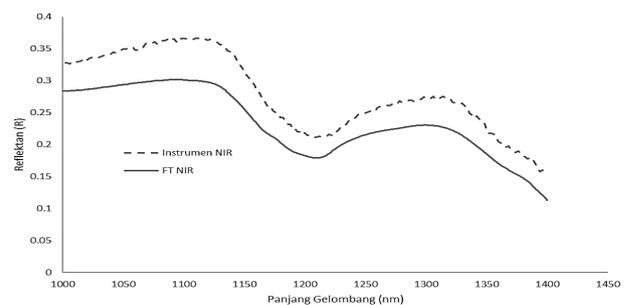
Berdasarkan Gambar 7, dapat dilihat bahwa grafik reflektan pada rentang panjang gelombang 1000–1400 nm instrumen NIR memiliki pola yang sama dan lebih tinggi dari pada grafik reflektan FT NIR. Pengukuran pada rentang panjang gelombang yang lain kemungkinan besar memiliki tren dan pola grafik yang sama, karena prinsip kerja instrumen NIR dan FT NIR sama, yang membedakan adalah komponen yang digunakan. Instrumen NIR menggunakan *integrated sphere* yang dapat mengumpulkan gelombang,

sehingga semua gelombang dapat mengenai sampel dan semua reflektan dari sampel dapat ditangkap oleh sensor. Faktor lain adalah instrumen NIR menggunakan penguatan *amplifier* yang besar, sehingga sinyal yang keluar dari *amplifier* lebih besar. Grafik yang diperoleh dari instrumen NIR kurang halus (*smooth*) dibandingkan dengan grafik FT NIR karena data yang dihasilkan oleh FT NIR telah melalui proses *smoothing* terlebih dahulu sebelum ditampilkan menjadi grafik.

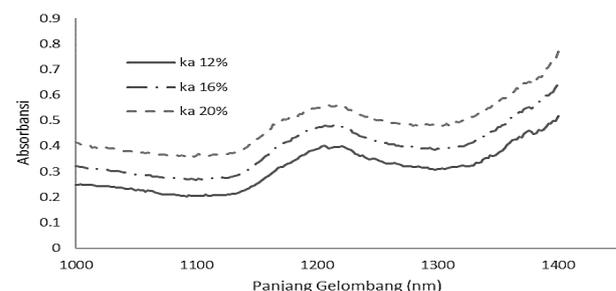
Pengujian Instrumen NIR untuk Pengukuran Kadar Air Biji Kopi

Hasil pengujian instrumen NIR untuk pengukuran kadar air biji kopi dapat dilihat pada Gambar 8.

Berdasarkan Gambar 8, dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar air biji kopi, maka grafik absorban akan semakin tinggi pula. Grafik absorban sampel dengan kadar air 20.43% lebih tinggi dari pada kadar air 12.6% dan 16.06%. Hal tersebut sesuai dengan literatur bahwa semakin tinggi kadar air bahan, maka tingkat absorbansinya akan semakin tinggi (Karlinasari *et al.*, 2012). Kandungan air bahan dapat menyebabkan cahaya yang mengenai sampel akan lebih banyak diserap oleh air, sehingga jumlah cahaya yang dipantulkan berkurang. Hal tersebut menyebabkan nilai reflektan sampel dengan kadar air tinggi lebih rendah dari pada kadar air tinggi. Dalam pengukuran dengan metode spektroskopi adanya kandungan air yang tinggi akan menyebabkan hasil pengukuran kandungan kimia bahan menjadi kurang akurat karena gelombang yang mengenai sampel lebih banyak diserap dari pada dipantulkan oleh bahan. Terlepas dari semua itu, instrumen NIR hasil



Gambar 7. Perbandingan instrumen NIR hasil modifikasi dengan FT NIR,



Gambar 8. Hasil pengujian instrumen NIR untuk pengukuran kadar air biji kopi.

modifikasi mampu mengukur perbedaan kadar air dengan sampel yang sama, dengan ini diharapkan instrumen NIR mampu mengukur kandungan kimia bahan yang lain dengan tingkat tertentu.

Simpulan

1. Modifikasi instrumen NIR hasil desain Budiastira *et al.* (1998) telah berhasil dilakukan, modifikasi yang dilakukan adalah penggantian lapisan dalam *integrating sphere*, penambahan penutup, penggantian unit elektronik dan *software* pengendali instrumen NIR untuk mempermudah pengguna.
2. Hasil pengujian konsistensi hasil pengukuran menunjukkan bahwa instrumen NIR hasil modifikasi mempunyai konsistensi hasil pengukuran yang tinggi dengan persentase keseragaman sebesar 98.65%.
3. Hasil pengujian terhadap *delay* menunjukkan bahwa *delay* optimal instrumen NIR adalah 200 ms.
4. Instrumen NIR hasil modifikasi menghasilkan pola grafik reflektan yang sama dengan alat NIR lain, dengan nilai reflektan lebih tinggi dari pada alat NIR lain.
5. Hasil pengujian terhadap perbedaan kadar air menunjukkan bahwa instrumen NIR hasil modifikasi mampu membedakan kadar air biji kopi seperti ditunjukkan oleh nilai absorbannya.
6. Berdasarkan semua pengujian, dapat disimpulkan bahwa instrumen NIR hasil modifikasi dapat digunakan untuk mengukur absorban bahan organik beberapa sampel dalam satu waktu pengukuran.

Daftar Pustaka

Ayu, P.C. 2017. Pengembangan Model Penentuan Kandungan Kimia Utama Pembentuk Flavor Biji Kopi java Preanger Menggunakan FT NIR (Tesis). Departemen Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, IPB. Bogor.

- Budiastira, I.W., Y. Ikeda and T. Nishizu. 1998. Optical methods for quality evaluation of fruit (Part 2) Prediction of Individual Sugars and Malic Acid Concentrations of Apple and Mangoes by Developed NIR Reflectance System. *Journal of JSAM* Vol. 60(3): 117-127.
- Burns, D.A. and E.W. Ciurzak. 2008. *Handbook of Near Infrared Analysis* (3rd Edition). New York (US): CRC Press.
- Dzulkifli, M.S., M. Rivai dan Suwito. 2016. Rancang Bangun Sistem Irigasi Tanaman Otomatis Menggunakan Wireless Sensor Network. *J Teknik ITS* Vol.5(2): A261-A266.
- Huck, C.W., W. Guggenbichler and G.K. Bonn. 2005. Analysis of Caffeine, Theobromine, Theophylline in Coffee by Near Infrared Spectroscopy (NIRS) Compared to High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Coupled to Mass Spectrometry. *Analytica Chimica Acta* Vol.538(2):195-203. doi:10.1016/j.aca.2005.01.064.
- Karlinasari, L., M. Sabed, N.J. Wistara, Y.A. Purwanto, H. Wijayanto. 2012. Karakter Spektra Absorbansi NIR (Near Infrared) Spektroskopi Kayu *Acacia Mangium* WILLD pada 3 Umur Berbeda. *J Ilmu Kehutanan* Vol. 6(1): 45–52.
- Knighton, N. dan B. Bugbee. 2014. A Mixture of Barium Sulfate and White Paint Is A Low-Cost Substitute Reflectance Standard For Spectralon [Internet]. [diunduh 27 Mei 2018]. Tersedia pada <https://www.researchgate.net/publication/255600773>
- Mattjik, A.A. dan I.M. Sumertajaya. 2006. Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab (Jilid 1). Bogor (ID): IPB Press.
- Schwanninger, M., J.C. Rodrigues and K. Fackler. 2011. A Review of Band Assignments in Near Infrared Spectra of Wood and Wood Components. *J Near Infrared Spectroscopy* Vol.19: 287-308.
- Weider V.R., Hsia J.J. 1981. Reflection Properties of Prossed Polytetrafluoroethylene Powder. *J of the Optical Society of America* Vol.71:856-861.
- Wijaya. 2000. Analisis Statistik dengan Program SPSS. Bandung (ID): Alfabet