

Klasifikasi Teh Hijau dan Teh Hitam Tambi-Pagilaran dengan Metode *Principal Component Analysis* (PCA) Menggunakan *E-Nose*

Inca*¹, Triyogatama Wahyu Widodo², Danang Lelono³

¹Program Studi Elektronika dan Instrumentasi; FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

^{2,3}Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: *inca@mail.ugm.ac.id, yogatama@ugm.ac.id, danang@ugm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan sampel teh hijau dan teh hitam yang berasal dari lokasi penanaman yang berbeda, yaitu Tambi dan Pagilaran. Sampel teh hijau dan teh hitam; kualitas I (BOP), kualitas II (BP), kualitas III (Bohea) masing-masing diambil dari perkebunan teh Tambi dan Pagilaran untuk dianalisis karakteristiknya. Pengukuran sampel teh dilakukan dengan menggunakan perangkat *e-nose* dinamis berbasis sensor gas MOS, dengan set point suhu maksimal 40°C, flushing 300 detik, collecting 120 detik, dan purging 80 detik selama 10 siklus secara berulang. Data berupa respon sensor yang dihasilkan kemudian diekstraksi cirinya ke dalam tiga metode; *relative*, *fractional change*, dan *integral*. Data matriks hasil ekstraksi ciri direduksi menggunakan metode PCA dengan memetakan pola aroma setiap sampel menggunakan dua komponen utama PCA. Hasil reduksi PCA pada ekstraksi ciri metode *integral* menunjukkan persentase variansi kumulatif terbesar dalam mengklasifikasikan data sampel teh hijau sebesar 97% dan teh hitam sebesar 100%. Besarnya persentase nilai variansi kumulatif menunjukkan PCA dapat membedakan sampel teh hijau dan teh hitam dari Tambi dan Pagilaran dengan baik.

Kata kunci—*e-nose*, klasifikasi, teh Tambi-Pagilaran, PCA.

Abstract

This research aims to classification of samples of green tea and black tea originated from different planting sites, Tambi and Pagilaran. Samples of green tea and black tea; quality I (BOP), quality II (BP), quality III (Bohea) were each collected from Tambi and Pagilaran to analyze the characteristic of both sample from both sites. Measurements of tea samples were performed using a dynamic *e-nose* device based on a MOS gas sensor, with a maximum set point temperature of 40°C, flushing 300 seconds, collecting 120 seconds, and purging 80 seconds for 10 cycles repeatedly. The resulting sensor response is then processed using the difference method for baseline manipulation. Characteristic of extraction process on the sensor response results is carried out in three methods; *relative*, *fractional change*, and *integral*. Matrix data of the feature extraction results was reduced using the PCA method by mapping the aroma patterns of each sample using 2-PCA components. The PCA reduction results in *integral* feature extraction showed the largest percentage of cumulative variance in classifying green tea sample data by 97% and black tea by 100%. The large percentage value of cumulative variance indicates PCA can differentiate samples of green tea and black tea from Tambi and Pagilaran well.

Keywords—*e-nose*, classification, Tambi-Pagilaran Tea, PCA

1. PENDAHULUAN

Teh merupakan bahan minuman yang sangat bermanfaat, terbuat dari pucuk teh (*Camellia Sinensis*). Tanaman teh dapat tumbuh di daerah tropis dan subtropis seperti di Indonesia. Teh hitam adalah teh yang paling banyak diproduksi yaitu 78%, selanjutnya teh hijau 20% [1]. Untuk pabrik teh yang dikenal di Jawa Tengah adalah PT Tambi dan PT Pagilaran, dari kedua pabrik teh ini memproduksi dua macam teh yaitu teh hitam dan teh hijau. Berdasarkan dari beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa aroma sangat berpengaruh dalam menentukan kualitas teh meskipun diukur berdasarkan beberapa parameter yang berbeda. Namun secara khusus dapat dikatakan bahwa dari beberapa penelitian tentang aroma teh menggunakan *e-nose* lebih banyak membahas tentang klasifikasi jenis teh berdasarkan lokasi yang sama, sedangkan penelitian yang membahas tentang implementasi *e-nose* dalam mengklasifikasi jenis teh dari lokasi yang berbeda hanya sebagian kecil sehingga untuk melakukan standarisasi teh secara kuantitatif sulit dilakukan karena parameter penelitian berdasarkan lokasi masih belum terdata dengan baik. Disisi lain, pengaruh lokasi terhadap aroma teh juga belum banyak diketahui atau diteliti sehingga data pendukung tersebut belum banyak dipublikasikan.

Adapun beberapa penelitian mengenai klasifikasi pada aroma yang pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya diantaranya pengenalan pola respon sampel teh dari lokasi yang berbeda [2], penelitian tentang respon sampel teh dan lokasi yang berbeda berdasarkan *monitoring* fermentasi sampel teh [3], perbandingan sampel ikan dengan dan tanpa formalin [4], klasifikasi sampel jahe berdasarkan tiga lokasi yang berbeda [5], klasifikasi tiga kualitas teh hitam BOP, BP, dan Bohea menggunakan PCA [6]. Dengan mengacu pada penelitian sebelumnya maka penulis akan mengimplementasikan metode PCA untuk melakukan klasifikasi jenis-jenis teh yang sama dari lokasi yang berbeda. Fokus pengujian ini adalah mengetahui apakah metode PCA dapat membedakan sampel yang sama namun berasal dari lokasi perkebunan yang berbeda.

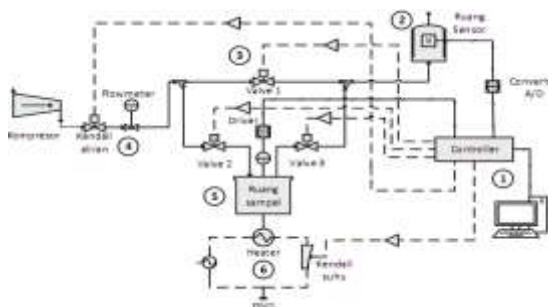
2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Pada penelitian ini, bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri beberapa macam jenis sampel yang dibeli dari masing-masing koperasi yang berasal dari perkebunan teh PT Tambi dan PT Pagilaran. Teh tersebut diantaranya adalah teh hitam kualitas I yaitu *Broken Orange Pekoe* (BOP), teh hitam kualitas II yaitu *Broken Pekoe* (BP), teh hitam kualitas III yaitu *Bohea*, dan sampel teh hijau juga berasal dari kedua lokasi perkebunan tersebut.

2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras *e-nose* yang telah dikembangkan oleh [7], diagram sistem ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagian-bagian *e-nose* dinamis: (1)kendali, (2) ruang sensor, (3) aliran sampel, (4)kendali aliran, (5) ruang sampel, (6) kendali suhu

2.2.1 Cara Kerja Sistem

Pada tiap kali proses pengambilan data, sistem perangkat keras *e-nose* secara keseluruhan dikendalikan oleh *controller* yang dikomunikasikan secara langsung pada komputer dengan *Graphical User Interface* (GUI) dengan menggunakan jalur USB (*universal serial bus*). GUI ini dirancang khusus untuk menampilkan prosesi pengambilan sampel dalam bentuk respons sensor yang akan dijelaskan pada sub-bab selanjutnya. Pada pengambilan data, sampel teh yang diletakkan pada ruang sampel, yang mana ruang sampel ini dilengkapi dengan sistem kendali pemanas yang berupa *heater* digunakan untuk memanaskan sampel teh agar keluar aromanya. Untuk pemanas ruang sampel dilengkapi sensor suhu untuk mengatur pemanasan pada setiap sampel yang diatur melalui komputer. Sampel yang dipanaskan pada ruang sampel akan keluar aromanya dan akan masuk kedalam pipa jalur AFS yang terdiri dari katup solenoid (*valve1*, *valve2*, dan *valve3*) sebagai jalur pembawa aroma dari ruang sampel menuju ruang sensor untuk dibaca. Ketiga katup solenoid ini berfungsi sebagai kran aliran dalam setiap pengukuran gas berupa aroma, baik dalam proses pengambilan data (*collecting*) maupun proses pembersihan (*purging*) yang keseluruhan dikendalikan melalui komputer. Kecepatan aliran gas berupa aroma yang masuk melalui jalur solenoid juga diatur oleh pengendali aliran agar kecepatan udara yang berasal dari kompresor dapat mengalir secara konstan, kecepatan udara yang masuk diukur dengan menggunakan *flowmeter*. Selanjutnya, aroma yang dibawa ke ruang sensor, akan dibaca oleh sensor-sensor gas yang akan diubah menjadi respons sensor dalam bentuk sinyal-sinyal analog. Respon sensor berupa sinyal analog akan diubah menjadi digital oleh mikrokontroler untuk melakukan akuisisi data melalui komunikasi USB oleh komputer [8]. Keluaran respons sensor yang telah diakuisisi oleh mikrokontroler akan ditampilkan dalam bentuk grafis antara sinyal respon berupa tegangan (mV) terhadap waktu (detik), selanjutnya data dari respons sensor akan disimpan ke dalam file *excel* untuk dianalisis lebih lanjut.

2.2.2 Gambaran Umum Perangkat Lunak E-Nose

Sistem perangkat keras *e-nose* secara keseluruhan dikendalikan oleh controller yang dikomunikasikan secara langsung pada komputer yaitu *Graphical User Interface* (GUI) dengan menggunakan jalur USB (*universal serial bus*) ditunjukkan pada Gambar 2. Antarmuka pengguna ini telah dirancang oleh [9] untuk difungsikan sebagai program penampil sekaligus pengendali perangkat keras dalam pengukuran sampel. Dalam antarmuka ini dilengkapi inisialisasi parameter; tombol *start*, *reset*, *pause*, dan *stop*. Pada saat pengguna menekan tombol *start*, maka proses akuisisi data, kendali suhu dan kendali aliran akan berjalan bersamaan. Proses akuisisi data berjalan secara menurun dan akan berhenti apabila parameter *countdown* sama dengan 0. Perulangan ini meliputi jumlah *flushing*, *collecting*, dan *purging*.



Gambar 2 *Graphical User Interface (GUI)*

2.2.3 Proses Sniffing

Proses sniffing merupakan proses penangkapan sinyal respon sensor yang ditampilkan pada program antarmuka *e-nose* yang memunculkan informasi dari aliran grafik proses *flushing*, *collecting*, dan *purging*. Menurut [10], pada proses pengambilan data dikenal tiga sinyal aliran yang merupakan komponen penting dalam pengolahan data selanjutnya, diantaranya;

1. *Flushing*; merupakan bagian awal awal respon sensor yang menggunakan udara tekan dari kompresor untuk membersihkan ruang sensor. Pada proses ini, semua sinyal akan mengalami sebuah titik yang stabil. Hal ini terjadi dikarenakan sensor mengalami pembersihan dari berbagai aroma yang ada di ruang sensor menggunakan udara tekan. Sehingga bacaan sensor yang dihasilkan akan menuju sebuah titik yaitu respon sensor terhadap udara tekan tersebut. Titik ini berguna untuk mengecek keadaan pada setiap pengambilan data, apabila titik ini berubah dapat ditandai bahwa kondisi lingkungan diawal pengambilan data mengalami perubahan, hal ini dapat dipengaruhi oleh baik temperatur, kelembapan, atau faktor aroma lain yang tidak hilang didalam ruang sensor. Atas peran itu, titik ini digunakan untuk menghilangkan variabel penyimpangan sensor (*drift*), dan selanjutnya disebut sebagai baseline.
2. *Collecting*; yaitu proses mengalirkan aroma sampel pada ruang sensor, proses ini diperlihatkan dengan naiknya sinyal respon menuju titik tertentu. Berdasarkan hasil dari proses ini akan menunjukkan bahwa *e-nose* dapat merespon sampel yang diukur yang ditandai dengan naiknya sinyal pada sensor-sensor yang digunakan.
3. *Purging*; yaitu proses membersihkan kembali ruang sensor dari aroma sampel sebelumnya. Hasil dari proses ini ditandai dengan menurunnya sinyal yang naik sebelumnya. Penurunan yang terjadi berlangsung secara tiba-tiba ditandai bahwa aroma sampel yang mengalir ke ruang sensor diputus, dan secara berangsur-angsur aroma yang bersisa pada ruang sensor tersebut dibersihkan.

2.3 Prosedur Pengumpulan Data

Pada perangkat *e-nose*, aroma yang berasal dari sampel akan dibaca oleh sensor yang kemudian diubah menjadi resistansi R (Ω), selanjutnya rangkaian pengkondisi sinyal menyesuaikan resistansi dari sensor gas yang mengeluarkan nilai berupa tegangan analog (mV). Dari nilai tegangan analog ini akan dikonversi ke nilai digital (ADC), selanjutnya akan ditampilkan ke komputer pengguna dan disimpan ke dalam bentuk file *.xls*. Data dari file *excel* ini selanjutnya akan diolah menggunakan software pengenalan pola yang telah dirancang oleh [9]. Pada proses pengenalan pola menggunakan perangkat lunak, data yang telah tersimpan sebelumnya dari proses pengambilan data dengan perangkat *e-nose* dilakukan tahap pra-pemrosesan dengan manipulasi *baseline* yaitu melakukan reduksi baseline menggunakan metode *difference* dengan cara membuang data yang tidak diperlukan untuk dipisahkan dengan data yang akan diproses, data yang dibuang berupa data *flushing* yang bukan dari hasil respon sensor. Untuk dapat dikenali polanya, data yang telah disiapkan dari hasil manipulasi baseline akan diekstraksi untuk memunculkan informasi ciri (karakteristik) data yang diproses menggunakan metode *Relative*, *Fractional Change*, dan *Integral*. Setelah proses ekstraksi ciri dilakukan, pemetaan pola dari setiap korelasi data yang diinginkan diolah menggunakan metode PCA.

2.3.1 Preparasi Sampel

Pada penelitian ini sampel yang digunakan merupakan beberapa jenis teh yang diambil dari perkebunan teh PT Tambi dan PT Pagilaran. Kedua sampel teh tersebut dapat dibeli di

koperasi dari masing-masing perusahaan, yaitu di daerah Wonosobo untuk sampel teh yang berasal dari PT Tambi sedangkan untuk sampel teh dari PT Pagilaran dapat ditemukan di koperasi cabang Yogyakarta. Sebelum dilakukan pengambilan data dengan masing-masing jenis teh dari kedua perkebunan tersebut akan ditimbang dengan massa sebesar 50 gram dan dimasukkan kedalam kantong plastik dan ditutup rapat agar udara tidak masuk ke dalam sampel, begitupun aroma teh tidak terkontaminasi dengan aroma sampel teh lainnya.

2.3.2 Signal Processing

Data yang dihasilkan sebelumnya merupakan data mentah yang belum dapat dibaca dan ditampilkan hasilnya, untuk itu sebelum melakukan pengolahan data dilakukan normalisasi *baseline* (*baseline manipulation*) dengan melakukan reduksi data melalui pengambilan data maksimal dari hasil respon sensor dan membuang data *flushing*-nya. Data *flushing* ini tidak digunakan dalam pengolahan data karena hanya berupa respon sensor terhadap udara tekan yang masuk melalui kompresor, sehingga total data yang diambil merupakan nilai maksimum dari proses *collecting* yang berjumlah 2000 data. Berdasarkan penjelasan sebelumnya, manipulasi data dilakukan dengan menggunakan metode *difference* yaitu dengan cara mengurangi respon sinyal dengan nilai *baseline*-nya yang didapatkan dari hasil pengurangan antara respons sensor maksimal dari kurva pada satu puncak (V_s,max) dengan respons sensor pada posisi minimal dari kurva pada satu puncak (V_s,min). Manipulasi *baseline* dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan *noise* yang bersifat menambahkan dari respons asli. Menurut [5] manipulasi *baseline* dilakukan untuk penyesuaian sinyal referensi (*baseline*), tujuannya agar terjadi perbaikan akibat adanya penyimpangan *drift* yang terjadi pada sensor, sehingga respon sinyal menjadi lebih kontras dan terskala. Seperti penelitian dilakukan oleh [11] *baseline* yang diambil adalah nilai respon sensor yang terekam saat pertama kali diperoleh pada waktu *collecting*. Nilai respon tersebut kemudian dikurangkan dengan nilai *baseline* ini hingga akhir dari proses *purging*. Hasil proses manipulasi *baseline* ini diperoleh matriks berukuran 12x2000.

2.3.3 Ekstraksi Ciri

Setelah proses normalisasi *baseline* dilakukan, data diolah dengan menggunakan metode ekstraksi ciri. Proses ini dilakukan untuk memunculkan ciri setiap data yang akan diolah untuk kemudian dipetakan polanya menggunakan metode PCA. Metode ekstraksi ciri yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode *relative*, *fractional change*, dan *integral*. Ketiga metode ini akan mereduksi data sedemikian rupa dengan menggunakan formula tertentu.

2.3.4 Pengolahan Data dengan Metode PCA

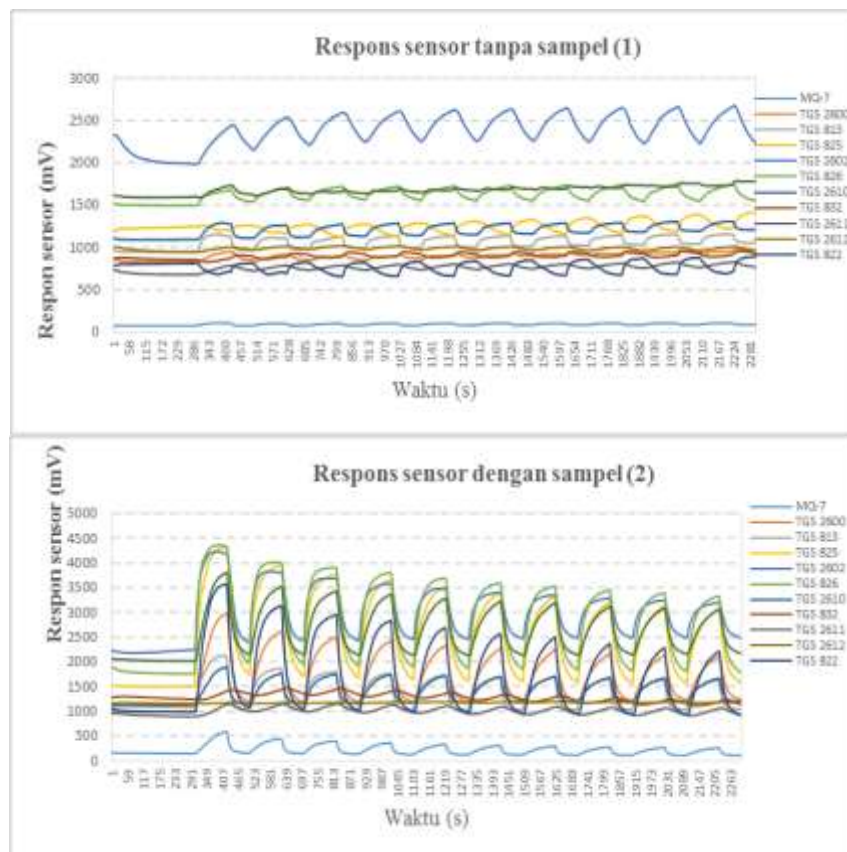
Sebelum melakukan pengolahan data dengan PCA, data hasil ekstraksi ciri sampel menggunakan ke tiga metode ekstraksi ciri; *relative*, *fractional change*, dan *integral* disiapkan dengan mengumpulkan semua data hasil ekstraksi ciri ke dalam satu file *excel*, sehingga pengambilan data lebih mudah dilakukan. Setelah data disiapkan, program dibuka dan data hasil ekstraksi ciri dengan jenis sampel yang sama disalin ke dalam halaman Minitab®. Pengolahan data dilakukan untuk satu jenis sampel yang sama dari Tambi-Pagilaran dalam sekali *mapping* PCA, hal ini dimaksudkan agar klasifikasi pola terhadap sampel yang sama dari Tambi dan Pagilaran lebih mudah dikenali. Jadi jumlah data yang diukur sebanyak 100 data untuk dua sampel sejenis dari 10 kali eksperimen. Pengukuran dilakukan dengan menjalankan program Minitab®, variabel sensor dipilih sebagai variabel perkalian matriks dengan jumlah data yang dimasukkan. Penggunaan dua komponen utama PCA dilakukan berdasarkan data yang diolah yang terbatas pada setiap sampel dengan level sama. Hasil pengolahan data PCA akan ditampilkan dalam grafik *score plot* berupa gambar dua dimensi. Bersamaan dengan plotting data ke dalam grafik, hasil perhitungan matriks dari nilai *eigenvector* dan persentase variansi kumulatif dari sampel dapat dilihat pada bagian *Session* untuk dianalisis hasilnya. Hasil dari nilai *eigenvector* dianalisis untuk merepresentasikan ciri dari data sampel yang diukur dan

persentase variansi kumulatif kemampuan reduksi PCA dalam mengklasifikasikan kedua data sampel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Signal Processing

Sampel yang dipanaskan akan mengeluarkan aroma dan dibaca oleh larik sensor dan dikonversi menjadi nilai tegangan, data berupa nilai tegangan tersebut akan ditampilkan dalam bentuk grafik sinyal respon dan disimpan ke dalam komputer. Pra-pemrosesan sinyal (*signal preprocessing*) merupakan langkah awal yang dilakukan untuk pengolahan data. Untuk melakukan pemrosesan sinyal digunakan metode *difference* dengan *manipulation baseline*. Pengujian respons sensor terhadap sampel teh dilakukan untuk mengetahui perangkat *e-nose* dapat bekerja dalam mendeteksi senyawa *volatile* yang dikeluarkan oleh sampel. Sampel teh hijau dan teh hitam yang berasal dari perkebunan teh Tambi dan Pagilaran diklasifikasi berdasarkan analisis pada data hasil respon sensor. Grafik sinyal sensor ini menampilkan proses *sniffing* dengan 10 puncak (puncak) yang meliputi parameter *flushing* selama 300 detik, *collecting* selama 120 detik, *purging* selama 80 detik, dan kenaikan suhu konstan 40°C seperti yang telah dijelaskan pada bab IV. Dari grafik ini juga akan memberikan informasi 12 larik sensor gas *e-nose* yang bekerja dalam mendeteksi aroma sampel yang diujikan. Untuk melihat hasilnya, sebelumnya dilakukan pengujian respon sensor *e-nose* tanpa sampel dengan metode dan perlakuan yang sama. Tujuan pengujian ini dilakukan untuk melihat perbandingan respon sensor baik sebelum dan setelah diberi sampel, apakah sampel dapat dideteksi dengan baik oleh setiap larik sensor sehingga hasilnya dapat diolah dan nantinya akan dijadikan sebagai informasi atas penelitian yang dilakukan. Grafik perubahan respon sensor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Respon sensor terhadap sampel

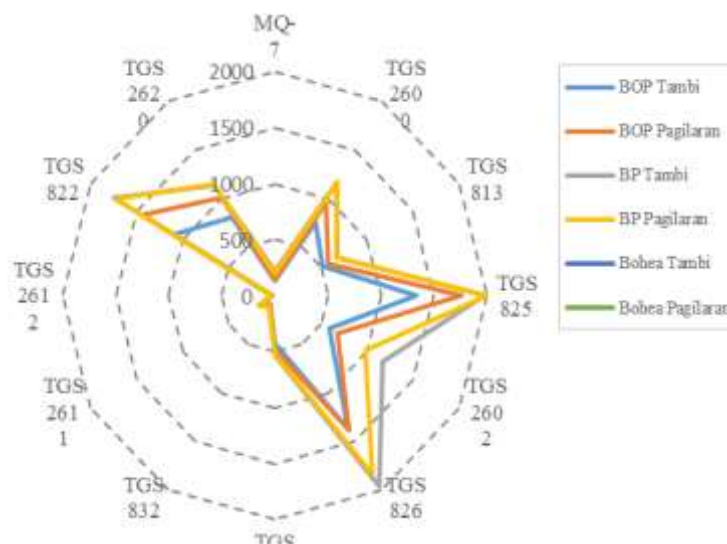
Hal yang berbeda terjadi pada grafik (2) pada Gambar 3 dengan mengambil data sampel teh hitam BP Tambi, berdasarkan gambar tersebut menunjukkan perubahan nilai sensor yang signifikan ketika sampel dimasukkan dan dibaca oleh larik sensor, hal ini mengindikasikan bahwa 12 larik sensor gas *e-nose* yang terdiri dari MQ-7, TGS2600, TGS813, TGS TGS825, TGS2602, TGS826, TGS2610, TGS2611, TGS832, TGS2612, TGS822, dan TGS2620 dapat mendeteksi senyawa yang dikeluarkan oleh sampel dengan tingkat kepekaan yang berbeda-beda. Se sekali eksperimen dihasilkan sepuluh *peak* dengan dua *peak* pertama selalu lebih besar dari *peak* setelahnya. Hal ini selaras dengan yang dikemukakan oleh [7] bahwa respon sensor mulai stabil setelah 600 detik gelombang ketiga dari sepuluh respon sensor, hal ini karena pada ke dua *peak* pertama dipengaruhi oleh sistem pemanas masih dalam keadaan inisialisasi sehingga nilai sensor menjadi lebih besar namun keadaan respon sensor akan mencapai keadaan stabil setelah 600 detik gelombang ke tiga karena pemanas telah mencapai kondisi tunak, sehingga grafik tersebut membuktikan bahwa sistem *e-nose* dapat menghasilkan respon sensor yang stabil selama suhu dianggap konstan. Respons sensor dari teh hijau Tambi dan Pagilaran, secara keseluruhan dapat dilihat bahwa 12 larik sensor gas dapat mendeteksi kedua jenis sampel teh yang sama meskipun dengan kepekaan yang berbeda-beda yang ditunjukkan pada tinggi rendahnya *peak* respons sensor. Persamaan kedua sampel teh hijau terlihat pada dua sensor yang merespon lebih besar yaitu sensor TGS826 dan TGS832, dua sensor yang sama-sama paling kecil merespon yaitu TGS2612 dan TGS2620. Untuk perbandingan nilai respons maksimal sensor dari kedua sampel tersebut berturut-turut disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan nilai respons sensor teh hijau Tambi dan Pagilaran

Teh Hijau			
Tambi		Pagilaran	
Sensor	Respon (mV)	Sensor	Respon (mV)
TGS 832	1122.1	TGS 826	1925.7
TGS 826	1078	TGS 832	1891.4
TGS 825	656.6	TGS 2610	1151.5
TGS 2602	514.5	TGS 825	950.6
TGS 2611	421.4	TGS 2602	563.5
TGS 2610	362.6	TGS 2611	470.4
TGS 822	151.9	TGS 813	142.1
TGS 813	122.5	TGS 822	142.1
TGS 2612	93.1	TGS 2612	88.2
TGS 2620	29.4	TGS 2620	39.2
TGS 2600	0	TGS 2600	0
MQ-7	0	MQ-7	0

Berdasarkan nilai tegangan sensor yang ditampilkan dari sampel teh hijau yang sama dengan lokasi yang berbeda pada Tabel 1, sensor TGS826 dan TGS832 adalah dua sensor yang merespon paling besar diantara sensor lainnya untuk kedua sampel tersebut. Sampel teh hijau dari Tambi dan Pagilaran sama-sama memiliki kandungan senyawa yang dapat dideteksi oleh sensor TGS826 dan TGS832 yaitu senyawa dengan kandungan gas amonia dan gas *chlorofluorocarbons* (CFC). Sedangkan perbedaan kedua sampel teh hijau secara umum dapat dibandingkan dengan melihat perbandingan nilai tegangan setiap larik sensor dari sampel teh hijau Pagilaran lebih besar dari nilai tegangan larik sensor teh hijau Tambi, hal ini dimungkinkan bahwa semakin besar nilai tegangan respon yang dihasilkan maka semakin kuat pula aroma yang dihasilkan. Sehingga dapat dikatakan bahwa respon sensor *e-nose* lebih peka terhadap sampel teh hijau Pagilaran. Namun dengan begitu respon sensor tidak dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengklasifikasikan sampel teh mengingat perubahan respon sensor dalam eksperimen tidak tetap sehingga data sampel perlu dilakukan analisis lebih dalam dengan

ekstraksi ciri dan analisis PCA. Untuk melihat perbandingan kepekaan sensor untuk semua jenis sampel teh hitam digunakan grafik pola radar sehingga memudahkan untuk menampilkan pola respon sensor yang paling tinggi. Grafik pola radar dibuat berdasarkan hasil rata-rata dari *manipulation baseline* dengan metode *difference*. Metode *difference* digunakan untuk melakukan normalisasi pada siklus pengukuran yaitu dengan mengurangkan nilai maksimal dan minimal di setiap puncak, dari hasil normalisasi *baseline* ini akan dirata-rata sehingga membentuk grafik pola radar atas sampel dari tiga kualitas teh hitam Tambi dan Pagilaran seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik radar respon sensor pada sampel teh hitam Tambi dan Pagilaran

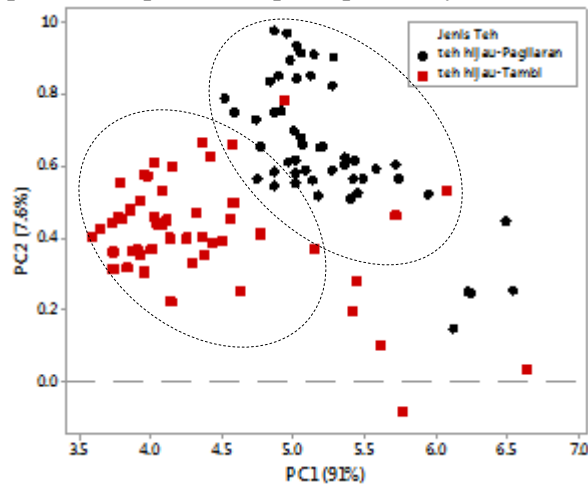
3.2 Hasil Pengujian Ekstraksi Ciri dan PCA

Ekstraksi ciri adalah proses memunculkan pola ciri sampel dengan melakukan ekstraksi terhadap respon sensor yang dihasilkan sehingga ciri sampel dari masing-masing sensor tampak dikenali. Ekstraksi ciri dilakukan dengan menghitung luasan kurva sinyal respon dari 12 larik sensor dalam satu siklus. Beberapa metode ekstraksi ciri yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya; metode *relative*, metode *fractional change*, dan metode integral. Penggunaan ketiga metode ekstraksi ciri diharapkan dapat mendukung dalam penyajian ciri data sampel sehingga dapat dengan mudah dibedakan. Untuk menampilkan pola hasil ekstraksi ciri maka digunakan metode multivariat PCA yang dianalisis sehingga dapat digambarkan dengan grafik dua dimensi dan tiga dimensi dengan menampilkan hasil klasifikasi sampel yang dapat dibedakan dengan mudah.

3.2.1 Hasil Pengujian Ekstraksi Ciri Metode Relative

Ekstraksi ciri dengan metode *relative* yaitu mengambil ciri nilai maksimal dan minimal dari tiap puncak gelombang dengan nilai maksimal dari tiap puncak dibagi dengan nilai minimal dari tiap puncak tersebut sehingga didapatkan ekstraksi ciri dengan metode *relative*. Untuk melakukan ekstraksi ciri pada tiap sampel teh, sebanyak 50 data yang berasal dari 50 puncak gelombang diolah menggunakan program ekstraksi ciri untuk metode *relative*. Setelah ekstraksi ciri dilakukan, data hasilnya disimpan dan dimasukkan ke program Minitab® untuk ditampilkan polanya dan dianalisis menggunakan metode PCA. Pada Gambar 5 merupakan pemetaan pola sampel teh hijau Tambi dan teh hijau Pagilaran dari hasil ekstraksi ciri dengan metode *relative* dengan grafik dua dimensi. Berdasarkan *score plot* hasil ekstraksi ciri menggunakan metode *relative* terhadap sampel teh hijau Tambi dan teh hijau Pagilaran pada Gambar 5 terdapat pemisahan meskipun pada beberapa titik antar sampel masih terjadi penumpukan. Persentase variansi kumulatif pada metode PCA adalah sebesar 98% dari total variansi yang terjadi pada keseluruhan data menggunakan 2 komponen matriks PCA, artinya

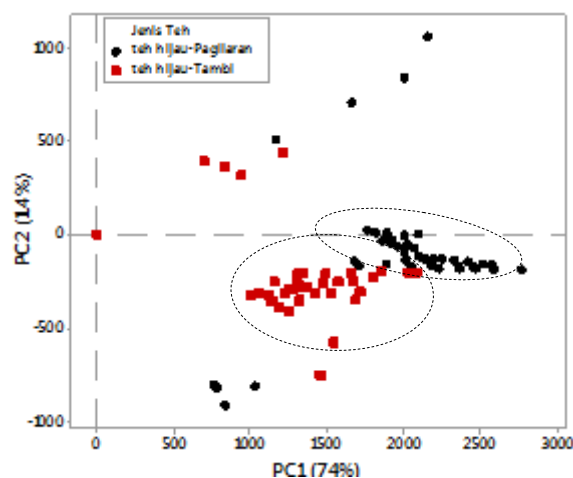
setiap titik sampel dapat dibedakan dengan titik sampel yang lain sebesar 98% meskipun masih terdapat penyebaran beberapa titik sampel terhadap sampel lainnya.



Gambar 5 *Score plot* hasil ekstraksi ciri metode *relative* teh hijau

3.2.2 Hasil Pengujian Ekstraksi Ciri Metode *Fractional Change*

Ekstraksi ciri dengan metode *fractional change* yaitu mengambil ciri nilai maksimal dan minimal dari tiap puncak gelombang dengan nilai maksimal dari tiap puncak dikurangkan dengan nilai minimal dan dibagi dengan nilai minimal dari tiap puncak tersebut sehingga didapatkan hasil ekstraksi ciri dengan metode *fractional change*. *Score plot* hasil ekstraksi ciri teh hijau Tambi dan Pagilaran ditunjukkan pada Gambar 6.



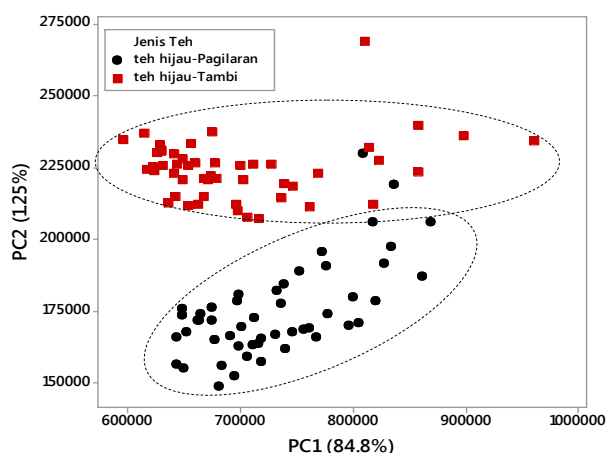
Gambar 6 *Score plot* hasil ekstraksi ciri teh hijau Tambi-Pagilaran dengan metode *fractional change*

Berdasarkan pada gambar hasil *score plot* ekstraksi ciri teh hijau Tambi dan teh hijau Pagilaran menggunakan metode *fractional change* terlihat pola sampel dapat terpisah dengan baik meskipun pada beberapa titik data baik dari sampel teh hijau Tambi maupun Pagilaran mengalami penyebaran. Persentase hasil variansi kumulatif dengan 2 komponen PCA sebesar 88% dari dari total variansi yang terjadi pada keseluruhan data. Persentase hasil klasifikasi teh hijau menggunakan metode *fractional change* mengalami penurunan dibandingkan menggunakan metode relatif terhadap sampel teh hijau Tambi dan Pagilaran. Berdasarkan pada pola data pada sampel tidak terpisah secara sempurna dan cenderung mengalami penumpukan titik data sampel dengan titik data sampel lainnya. Pada *score plot* grafik hasil pengolahan ekstraksi ciri khususnya pada sampel teh BOP dan BP Tambi Pagilaran menunjukkan terlihat dapat perbedaan meskipun klasifikasi kedua sampel yang sama tidak dapat terpisah secara total,

sedangkan untuk hasil perbandingan hasil pemetaan pola pada sampel teh hitam Bohea tidak lebih baik dari pemetaan hasil ekstraksi ciri teh hitam BOP dan BP. Hal ini didukung dengan melihat persentase varians kumulatif dari ketiga jenis sampel berturut-turut sebesar 80%, 88%, dan 81%. Hasil ini menunjukkan bahwa pengelompokan data menggunakan metode ekstraksi *fractional change* lebih rendah dibandingkan penggunaan ekstraksi ciri metode *relative*. Rendahnya persentase variansi kumulatif hasil klasifikasi menggunakan metode *fractional change* dipengaruhi oleh hasil pengukuran yang dilakukan dengan pembagian pada data yang sudah diminimalisasi sebelumnya. Sehingga menjadikan ciri dari respon sensor semakin berkurang. Hal ini akan berpengaruh pada pemetaan dengan metode PCA, dimana data hasil yang sebelumnya telah diminimalisasi mengalami reduksi sehingga ciri sampel kurang dapat dikelompokkan.

3.2.3 Hasil Ekstraksi Ciri Metode Integral

Ekstraksi ciri dengan metode integral adalah mengambil ciri dengan menggunakan pendekatan integral numeris dari daerah puncak gelombang. Berdasarkan pada Gambar 7 hasil *score plot* ekstraksi ciri teh hijau Tambi dan teh hijau Pagilaran menggunakan metode integral terlihat pola sampel dapat dikelompokkan dengan baik meskipun pada beberapa titik data dari sampel teh terdapat penyebaran namun tidak saling menumpuk dan bercampur dengan titik data yang lain. Persentase hasil variansi kumulatif dengan 2 komponen PCA sebesar 97% dari total variansi yang terjadi pada keseluruhan data. Persentase hasil klasifikasi teh hijau menggunakan metode integral merupakan yang hasil persentase tertinggi dari hasil metode ekstraksi ciri sebelumnya. Dari hasil ini dapat dikatakan bahwa dengan menggunakan metode integral sampel teh hijau dari Tambi dan Pagilaran dapat dikelompokkan dengan baik. Berdasarkan pola grafik dapat diamati bahwa hampir semua data sampel berkumpul dalam satu area, menunjukkan data berada pada titik yang berdekatan satu sama lain. Pada grafik terlihat bahwa setiap jenis sampel dapat dikelompokkan dan terpisah dengan data sampel lainnya meskipun pada rentang jarak yang berdekatan, namun secara umum dapat dikatakan bahwa penggunaan metode integral dalam ekstraksi ciri dapat membedakan karakteristik antar sampel dengan yang lainnya.



Gambar 7 *Score plot* hasil ekstraksi ciri teh hijau Tambi-Pagilaran dengan metode integral

Untuk pemetaan pola lebih sederhana dilakukan pengolahan secara terpisah menurut sampel teh hitam yang sejenis dari Tambi dan Pagilaran. Berdasarkan pemetaan pola data pada sampel dapat dikelompokkan dengan baik meskipun luasan penyebaran data lebih besar, namun pemisahan titik data sampel dapat terlihat dan dapat dibedakan. Hasil ini didukung dengan persentase variansi kovarian dari ke tiga jenis sampel teh sebesar masing-masing 100%. Besarnya nilai persentase variansi kumulatif ini menunjukkan bahwa metode integral lebih efektif dalam melakukan ekstraksi ciri terhadap sampel, hal ini diketahui bahwa nilai hasil

pengukuran dengan menggunakan metode integral memiliki varian nilai yang besar dimana formulasi metode integral menggunakan pendekatan trapesium dalam mengekstraksi data sampel, yang mana nilai maksimum setiap kenaikan respons sensor diambil sebagai ciri untuk metode integral sehingga hasil dalam pengukurannya memiliki deretan nilai yang besar. Dari hasil ini akan memudahkan dalam pemetaan reduksi PCA dimana data yang banyak lebih mudah dikelompokkan berdasarkan cirinya.

3.3 Hasil Klasifikasi Teh Hijau dan Teh Hitam Tambi-Pagilaran

Setelah dilakukan pengolahan ekstraksi ciri dan analisis menggunakan komponen PCA, perbandingan klasifikasi sampel teh hijau dan teh hitam Tambi-Pagilaran berdasarkan persentase variansi kumulatif masing-masing variansi metode ekstraksi ciri dirangkum pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, metode ekstraksi ciri yang tepat untuk pengenalan pola terhadap sampel teh dengan menggunakan PCA adalah metode ekstraksi ciri integral. Dari hasil pengolahan ini diketahui bahwa pemilihan metode ekstraksi ciri yang tepat terhadap setiap sampel sangat berpengaruh terhadap hasil pengelompokan data. Sehingga dari penelitian ini, tingginya persentase variansi kumulatif hasil ekstraksi ciri terhadap sampel dianggap bahwa pengelompokan data dengan menggunakan metode PCA memberikan hasil yang baik.

Tabel 2 Perbandingan persentase variansi kumulatif klasifikasi teh hijau dan teh hitam Tambi dan Pagilaran

Jenis The		Metode Ekstraksi Ciri	Persentase variansi kumulatif 2-komponenPCA
Teh Hijau		<i>Relative</i>	98%
		<i>Fractional Change</i>	88%
		<i>Integral</i>	97%
Teh Hitam	<i>Broken Orange Pekoe (BOP)</i>	<i>Relative</i>	96%
	<i>Broken Peko (BP)</i>		97%
	<i>Bohea</i>		98%
	<i>Broken Orange Pekoe (BOP)</i>	<i>Fractional Change</i>	80%
	<i>Broken Peko (BP)</i>		88%
	<i>Bohea</i>		81%
	<i>Broken Orange Pekoe (BOP)</i>	<i>Integral</i>	100%
	<i>Broken Peko (BP)</i>		100%
	<i>Bohea</i>		100%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah sampel teh dapat dibedakan berdasarkan hasil pengujian respon sensor *e-nose* dengan 12 larik sensor gas, nilai keluaran tegangan respon dari sampel teh hijau Pagilaran lebih besar dibandingkan teh hijau Tambi dengan kepekaan larik sensor yang paling besar TGS826 dan TGS 832. Sedangkan pada sampel teh teh hitam, kualitas I BOP dan kualitas III Bohea pada sampel teh yang berasal dari Pagilaran lebih besar dibandingkan sampel teh Tambi, kualitas II BP Tambi lebih besar dibandingkan sampel teh Pagilaran dengan kualitas yang sama. Hasil reduksi PCA pada ekstraksi ciri metode integral menunjukkan persentase variansi kumulatif terbesar dalam mengklasifikasikan data sampel teh hijau sebesar 97% dan teh hitam sebesar 100%. Besarnya persentase nilai variansi kumulatif ini menunjukkan bahwa PCA dapat membedakan sampel teh hijau dan teh hitam dari Tambi dan Pagilaran dengan baik.

5. SARAN

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan penelitian serupa selanjutnya adalah; perlunya menambahkan variabel kualitas lain untuk sampel teh hijau agar didapatkan perbandingan yang lebih banyak dalam klasifikasi antar sampel, klasifikasi terhadap pola sampel ke dalam level yang lebih tinggi dengan membandingkan jenis teh yang berbeda dari lokasi yang berbeda, dan penggunaan metode pengenalan pola selain PCA yang diharapkan dapat memberikan hasil klasifikasi yang lebih baik, seperti metode *Support Vector Machine*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Rohdiana, "Teh: Proses, Karakteristik, & Komponen Fungsionalnya," 2015. . Available:https://www.researchgate.net/publication/286460235_Teh_Proses_Karakteristik_Komponen_Fungsionalnya. [Accessed: 25-Jan-2017].
- [2] N. Supriatiningsih, T. Ersam, M. Rivai, F. Kurniawan, J. Kimia, and J. T. Elektro, "Pengenalan Pola Respon Aroma Teh dengan Menggunakan Electronic Nose," 2011, pp. 978–979. Available:http://www.snkpk.fkip.uns.ac.id%2Fwp-content%2Fuploads%2F2016%2F04%2FC-07_PENGENALAN-POLA-RESPON-AROMA-TEH-DENGAN-MENGGUNAKAN-ELECTRONIC-NOSE_NininSupriatiningsih.pdf&usg=AOvVaw1qQOiC46-hgNOUuneQt8QV. [Accessed: 08-Mar-2017].
- [3] R. Dutta, E. L. Hinesl, J. W. Gardner, K. R. Kashwan, and M. Bhuyan, "Determination of Tea quality by Using A Neural Network Based Electronic Nose," pp. 404–409, 2012. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1223380/>. [Accessed: 03-Oct-2017]
- [4] Ghufron, "Pengembangan Electronic Nose Berbasis Larik Sensor Gas yang Dikombinasi dengan Principal Component Analysis (PCA) Untuk Klasifikasi Ikan Berformalin," Universitas Gadjah Mada, 2013.
- [5] A. Andika, "Klasifikasi Aroma Jahe Berdasarkan Electronic Nose dengan Metode Principal Component Analysis," Universitas Gadjah Mada, 2015. Available: http://etd.repository.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=84018&obyek_id=4. [Accessed: 20-Aug-2016]
- [6] D. Lelono, K. Triyana, S. Hartati, and J. E. Istiyanto, "Classification of Indonesia black teas based on quality by using electronic nose and principal component analysis," 2016, p. 20003.
- [7] D. Lelono, "Pengembangan Instrumentasi Sistem Electronic Nose Untuk Uji Teh Hitam Lokal," Universitas Gadjah Mada, 2017. Available: <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4958468>. [Accessed: 03-Oct-2017].
- [8] S. Baskara, D. Lelono, and T. W. Widodo, "Pengembangan Hidung Elektronik untuk Klasifikasi Mutu Minyak Goreng dengan Metode Principal Component Analysis," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 6, no. 2, p. 221, Oct. 2016 [Online]. Available: <https://jurnal.ugm.ac.id/ijeis/article/view/15347>. [Accessed: 03-Oct-2017]
- [9] H. Nuradi, "Perbandingan Beberapa Metode Ekstraksi Ciri Teh Pada Electronic Nose," Universitas Gadjah Mada, 2015. Available: http://etd.repository.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=90072&obyek_id=4 [Accessed: 20-Aug-2016]
- [10] M. Megantoro, "Deteksi Berbagai Jenis Teh Menggunakan Electronic Nose Dengan Algoritma K-Nearest Neighbors," Universitas Gadjah Mada, 2015. Available: http://etd.repository.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=93568&obyek_id=4. [Accessed: 08-Jul-2017]
- [11] W. N. Afiffaroh, "Variasi Debit Alira Terhadap Respon Aroma Teh Hitam Berbasis Electronic Nose," Universitas Gadjah Mada, 2017.