

Analisis Kadar Aseton pada Gas Buang Pernafasan Penderita Diabetes Mellitus dan Normal Menggunakan Sensor MQ-135

Siska Nuryani [✉], Uhty Maesyaroh, dan Heni Sumarti

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima:
29 September 2021
Disetujui:
28 Desember 2021
Dipublikasikan:
29 Desember 2021

Keywords:
Diabetes Mellitus,
MQ-135 sensor,
acetone gas, Arduino
Uno

ABSTRAK

Diabetes Mellitus merupakan salah satu penyakit utama yang menimbulkan ancaman terhadap kesehatan manusia dan telah menjadi epidemik secara universal. Kadar aseton pada penderita *Diabetes Mellitus* sangat tinggi jika dibandingkan dengan orang tanpa indikasi *Diabetes Mellitus*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar aseton dalam gas buang pernafasan penderita *Diabetes Mellitus* dan normal menggunakan sensor MQ-135. Metode penelitian yang dilakukan meliputi perancangan alat, pembuatan alat, kalibrasi, uji coba alat dan analisis. Subjek penelitian terdiri dari 6 responden tanpa indikasi *Diabetes Mellitus* dan 6 responden dengan indikasi *Diabetes Mellitus*. Akurasi alat pada responden tanpa indikasi *Diabetes Mellitus* sebesar 88,01% dan pada responden dengan indikasi *Diabetes Mellitus* sebesar 95,35%. Alat ini layak digunakan sebagai alat deteksi kadar gula darah mandiri bagi pasien dengan indikasi *Diabetes Mellitus*. Sesuai dengan dengan ketentuan BPFK (Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan) bahwa batas ambang nilai error yang diizinkan yaitu 5%.

ABSTRACT

Diabetes Mellitus is one of the main diseases that pose a threat to human health and has become a universal epidemic. Acetone levels in people with diabetes mellitus are very high when compared to people without diabetes mellitus indications. This study aims to analyze the levels of acetone in the respiratory exhaust gases of diabetic and normal patients using the MQ-135 sensor. The research methods consist of tool design, tool manufacture, calibration, tool testing and analysis. The research subjects consisted of 6 respondents without an indication of *Diabetes Mellitus* and 6 respondents with an indication of *Diabetes Mellitus*. The accuracy of the instrument for respondents without indications of *Diabetes Mellitus* was 88.01% and for respondents with indications of *Diabetes Mellitus* was 95.35%. This tool is suitable to be used as an independent blood sugar level detection tool for patients with indications of *Diabetes Mellitus*. In accordance with the provisions of the BPFK (Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan) that the permissible error threshold is 5%.

[✉] Alamat korespondensi:
Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo Semarang
E-mail: siskanuryani65@gmail.com

PENDAHULUAN

Diabetes Mellitus merupakan salah satu penyakit utama yang menimbulkan ancaman terhadap kesehatan manusia dan telah menjadi epidemik secara universal (Ke Yan dkk., 2014). Penyakit dengan jumlah terbanyak di dunia, salah satunya adalah *Diabetes Mellitus* (Muttaqin dkk., 2012). *World Health Organization (WHO)* tahun 2016 menyatakan bahwa *Diabetes Mellitus* menjadi penyebab dari 70% kematian dunia (Kemenkes, n.d.). *International Diabetes Federation (IDF)* mengatakan pada tahun 2021 bahwa penyandang *Diabetes Mellitus* berjumlah sekitar 19.46 juta jiwa di Indonesia, dengan peningkatan nilai sebesar 81.8% dibandingkan tahun 2019. Jumlah penyandang *Diabetes Mellitus* di Indonesia menempati peringkat ke 6 dari 10 negara dengan penyandang terbanyak yaitu sekitar 10 juta jiwa (Tim Penyusun, 2019).

Saat ini pengecekan kadar gula darah banyak dilakukan dengan mengambil sedikit darah pasien menggunakan jarum. Metode ini menghasilkan nilai yang akurat tapi menyakitkan, invasif, merepotkan, dan tidak praktis (L Pauling dkk., 2011). Hal ini menyebabkan banyak peneliti mengembangkan alat ukur kadar gula darah *non-invasive*. Salah satu peluang pengembangan alat ukur *non-invasive* ini adalah dengan memanfaatkan gas buang pernafasan. Nafas yang dihembuskan manusia mengandung *volatile organic compounds (VOCs)* atau disebut senyawa *volatil* yang dapat membantu memberikan informasi beberapa penyakit dalam tubuh (Annette G Dent dkk., 2013). Senyawa *volatil* yang umumnya digunakan untuk tujuan diagnostik adalah senyawa oksigenontaining (misalnya, etanol, metanol, 2-propanol, aseton, dan asetaldehida) (Paweł Mochalski dkk., 2014). Gas aseton pada penderita *Diabetes Mellitus* merupakan gas penanda biologis (Nurul Muyasaroh, 2019). Konsentrasi gas aseton dalam gas buang pernafasan pada pasien *Diabetes Mellitus* meningkat dibandingkan orang sehat (Mitraryana dkk., 2014). Konsentrasi gas aseton pada orang sehat mulai dari 0.5 ppm dan pada penderita diabetes nilainya bisa puluhan hingga ratusan ppm (Thalakkotur Lazar Mathew dkk., 2015).

Penelitian sebelumnya oleh Elen (2019) menggunakan sensor MQ-135 dalam mendeteksi gas aseton yang dihembuskan oleh mulut manusia, selanjutnya pembacaan sensor akan diproses oleh Arduino Uno. Modul Bluetooth HC-05 akan menerima data yang sudah diproses Arduino Uno dan hasilnya akan ditampilkan oleh *Visual Basic*. Prototipe ini tidak menggunakan LCD dalam *hardware*-nya sehingga harus menyalakan perangkat lain untuk melihat hasil pengukuran. Hasil pengujian alat secara keseluruhan didapatkan nilai kadar gula darah <108 mg/dl pada orang sehat, sedangkan pada penderita *Diabetes Mellitus* kadar gula darah >201 mg/dl. Penelitian lain oleh Yahya dkk. (2017) tentang deteksi kadar gula darah melalui gas buang menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Penelitian ini menggunakan sensor MQ-138 dan TGS 822 untuk mendeteksi kadar aseton pada rongga mulut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat akurasi rata-rata alat sebesar 96,53% dengan memperhatikan kelembaban suhu, sedangkan jika dibandingkan dengan *glucometer* deviasi rata-ratanya sebesar 3,47 %. Penelitian terbaru dilakukan oleh Aulia dkk. (2019) mengenai deteksi kadar gula darah menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* dengan menggunakan nafas. Sensor yang digunakan adalah MQ-4 dan TGS-2602. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi sensor sebesar 80%. Sistem sensor gas semakin berkembang, sehingga pemeriksaan kadar gula darah dalam diri seseorang dapat dilakukan dengan mendeteksi senyawa *volatil* yang dihembuskan dari rongga mulut, khususnya gas aseton.

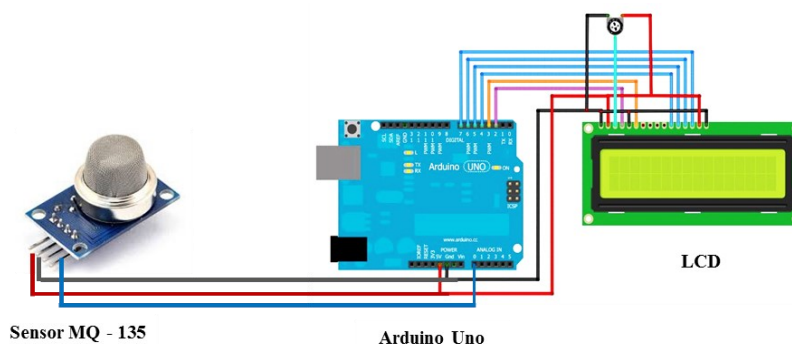
Pendeteksi kadar gula darah pada penelitian ini menggunakan sensor MQ-135. Sensor ini memiliki kepekaan tinggi untuk mendeteksi gas aseton dalam hembusan nafas (Tem, n.d.). Pada penelitian ini hasil pembacaan sensor akan diproses oleh Arduino Uno dan data ditampilkan dalam layar LCD 16x2. Pasien yang melakukan pengukuran kadar gula darah menggunakan gas buang pernafasan dapat langsung melihat hasilnya secara *real-time* tanpa perlu menyalakan perangkat lain. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar aseton dalam gas buang pernafasan penderita *Diabetes*

Mellitus dan normal menggunakan sensor MQ-135. Prototipe ini diharapkan dapat menjadi alat alternatif untuk mengukur kadar gula darah mandiri secara *non-invasive* tanpa melukai pasien dan membantu mengurangi limbah medis.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode penelitian dan pengembangan atau biasa dikenal dengan *Research and Development* (R&D). Prosedur penelitian ini terdiri dari perancangan alat, pembuatan alat, kalibrasi dan pengujian alat. Subjek penelitian terdiri dari 5 sampel yang diambil secara acak untuk kalibrasi alat dan 12 sampel dengan kriteria inklusi meliputi 6 responden tanpa indikasi *Diabetes Mellitus* dan 6 responden dengan indikasi *Diabetes Mellitus*. Hasil diagnosa penderita *Diabetes Mellitus* pada 6 responden didapatkan dari Puskesmas Pancur, Rembang, Jawa Tengah.

Desain alat *non-invasive* untuk mengukur kadar gula darah dari gas buang pernafasan dapat dilihat pada Gambar 1. Alat terdiri dari Sensor MQ-135, Arduino Uno dan LCD 16x2. Prosedur deteksi gas aseton dimulai dengan hembusan nafas dari rongga mulut yang ditangkap oleh sensor MQ-135 dari responden. Selanjutnya gas aseton yang terdeteksi oleh sistem akan menyebabkan lapisan filamen tipis pada sensor bereaksi sehingga menjadi nilai beda potensial yang akan menjadi input untuk kemudian diproses oleh Arduino Uno. Tahap selanjutnya adalah kalibrasi alat yang dilakukan dengan membandingkan alat ukur gula darah *invasive* standar *GCU Easy Touch* dan prototipe alat ukur *non-invasive* yang telah dibuat dalam penelitian ini. *GCU Easy Touch* telah memiliki ijin edar dari Kemenkes dengan nomor AKL 20101902214. Kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan hubungan berupa persamaan garis lurus yang akan digunakan sebagai faktor konversi dan koefisien determinasi yang digunakan untuk menentukan nilai *error*.



Gambar 1. Rangkaian Alat Pendeteksi *Diabetes Mellitus* Menggunakan Sensor MQ-135

Tahap terakhir adalah pengukuran kadar gula darah yang dilakukan menggunakan alat standar *GCU Easy Touch* dan sensor MQ-135 masing-masing sekali pengukuran per responden dalam waktu yang sama. Pengukuran pertama dilakukan menggunakan *GCU Easy Touch* dengan sampel berupa darah dan pengukuran kedua menggunakan sensor MQ-135 dengan sampel berupa gas buang pernafasan mulut. Data yang didapat kemudian diolah untuk mendapatkan nilai *error* dan akurasi alat menggunakan Persamaan (1) dan (2).

$$\%Error = \frac{Kadar\ Gula\ darah\ (Easy\ Touch - sensor\ MQ - 135)}{Kadar\ gula\ darah\ Easy\ Touch} \times 100\% \quad (1)$$

$$Akurasi = 100\% - \%Error \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembuatan alat dan proses pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 2. Layar LCD dari alat ukur akan menampilkan dua jenis data, yakni nilai gas aseton dalam ppm dan nilai kadar gula darah dalam mg/dl. Pengukuran dilakukan masing-masing sekali pengambilan data (Usman dkk., 2019). Alat dinyalakan hingga stabil dengan rentang waktu kurang lebih 25 detik. Sensor MQ-135 diletakan pada bidang yang sama dengan LCD agar responden dapat langsung melihat hasil pengukuran. Kondisi responden harus tidak melakukan aktivitas fisik dalam waktu kurang lebih 15 menit sebelum pengukuran agar didapatkan hasil yang optimal (Agustine dkk., 2018).

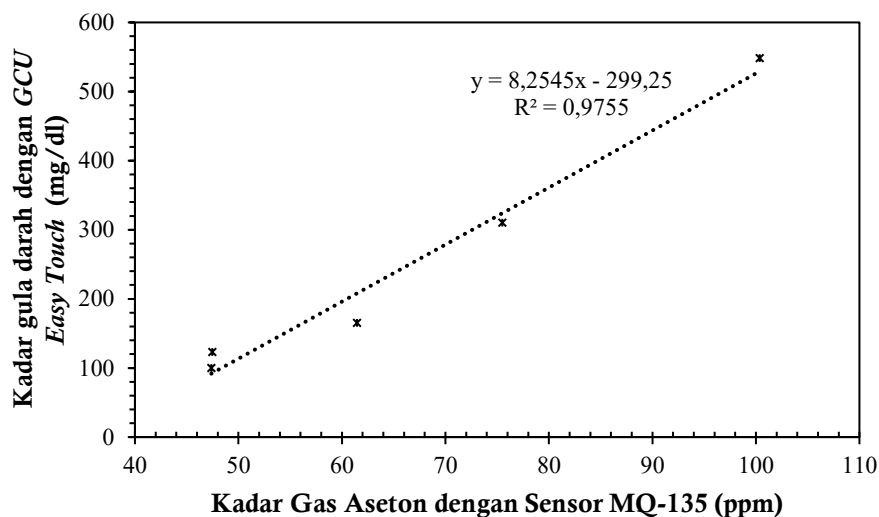


Gambar 2. Alat ukur kadar gula darah menggunakan sensor gas MQ-135 (a) prototipe alat, dan (b) proses pengambilan data

Hasil kalibrasi alat ukur kadar gula darah *non-invasive* ditunjukkan oleh Gambar 3. Persamaan garis lurus yang didapatkan dari 5 random sampel adalah $y = 8.2545x - 299.25$, dengan y adalah kadar gula darah yang diukur menggunakan *GCU Easy Touch* dan x adalah kadar gas aseton yang diukur menggunakan sensor MQ-135. Persamaan garis ini selanjutnya digunakan sebagai faktor konversi untuk mengubah kadar gas aseton dengan satuan ppm menjadi kadar gula darah dengan satuan mg/dl. Koefisien determinasi sebesar 0.9755 menunjukkan bahwa antara kedua variabel tersebut memiliki tingkat keceratan hubungan yang tinggi (Ndruru dkk., 2014), sehingga alat bisa langsung digunakan untuk mengambil data.

Data hasil pengukuran kadar gula darah pada responden ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil pengukuran kadar gula darah dengan menggunakan sensor MQ-135 menghasilkan data yang akurat pada penderita *Diabetes Mellitus*, sedangkan pada responden tanpa indikasi *Diabetes Mellitus* kurang akurat. Akurasi alat pada pengukuran responden tanpa indikasi *Diabetes Mellitus* adalah 88,01%, sedangkan pada responden dengan indikasi *Diabetes Mellitus* sebesar 95,36%. Alat bekerja lebih baik dalam menentukan kadar gula darah seseorang dengan indikasi *Diabetes Mellitus*. Hal ini dapat terjadi karena pada penderita *Diabetes Mellitus* terjadi defek sekresi insulin sehingga tubuh perlu mempertahankan sumber energi non karbohidrat. Akibatnya terjadi oksidasi asam lemak yang menyebabkan pembentukan benda-benda keton salah satunya aseton, karena oksidasi asam lemak yang berlebih ini, pada penderita *Diabetes Mellitus* menghasilkan kadar aseton yang cukup tinggi dibanding dengan orang yang tidak terindikasi *Diabetes Mellitus*. Pada penderita *Diabetes Mellitus* organ pankreas yang berfungsi menghasilkan insulin untuk memecah glukosa ke dalam bentuk glikogen mengalami gangguan (Hersyah dkk., 2018). Peningkatan kadar aseton dalam darah dan nafas

penderita *Diabetes Mellitus* merupakan penyebab utama bau pada nafas penderita (Dongmin Guo dkk., 2012). Gas aseton pada hembusan nafas terdeteksi melalui kadar di hati dan paru-paru. Gas aseton dihasilkan melalui *dekarboksilasi* dari kelebihan *Acetyl-CoA* oleh hepatosit (Veronika Ruzsanyi dkk., 2014) dan berasal dari lipolisis asam amino (Ming Yea dkk., 2015).



Gambar 3. Grafik Kalibrasi Menggunakan Regresi Linear

Produksi aseton pada orang tanpa indikasi diabetes dapat mengalami peningkatan, salah satu faktor diantaranya adalah ketika berpuasa. Ini terjadi akibat respon terhadap insulin pada orang normal, asam lemak dibakar hanya saat tubuh kekurangan zat gula yang diubah menjadi energi. Menurut *World Health Organisation (WHO)* kadar gula darah dalam tubuh ketika seseorang sedang berpuasa berkisar antara 70 mg/dl sampai 126 mg/dl, sedangkan 90 menit setelah makan menjadi 180 mg/dl dan pada malam hari dikatakan kadar gula darah dalam tubuh normal 144 mg/dl (Yahya dkk., 2017). Oleh karena itu saat dilakukan pengukuran kondisi responden harus dalam kondisi yang sama agar memperoleh hasil yang tepat.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Kadar Gula Darah pada Responden

No	Tanpa Indikasi <i>Diabetes Mellitus</i>			Indikasi <i>Diabetes Mellitus</i>		
	Sensor MQ-135 (mg/dl)	GCU Easy Touch (mg/dl)	Error (%)	Sensor MQ-135 (mg/dl)	GCU Easy Touch (mg/dl)	Error (%)
1	208	165	26,15	448	495	9,54
2	92	100	8,15	529	548	3,44
3	93	123	24,52	437	460	4,96
4	130	126	3,03	454	435	4,38
5	209	218	4,18	479	496	3,45
6	290	274	5,88	487	477	2,07
		Rata-rata error	11,99			4,64
		Akurasi alat	88,01			95,36

Data yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa sensor gas MQ-135 layak digunakan sebagai alat ukur kadar gula darah mandiri bagi penderita *Diabetes Mellitus*. Hal ini sesuai dengan ketentuan BPFK (Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan) bahwa batas ambang nilai *error*

yang diizinkan yaitu 5% (Istiono Majid dkk., 2013). Oleh karena itu, alat ini dapat menjadi alat ukur mandiri bagi pasien dengan indikasi *Diabetes Mellitus* sehingga bisa selalu memantau kadar gula darahnya pada ambang yang aman.

SIMPULAN

Pengukuran kadar gula darah telah berhasil dilakukan menggunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar aseton pada gas buang pernafasan manusia. Akurasi alat pada responden tanpa indikasi *Diabetes Mellitus* sebesar 88,01% dan pada responden dengan indikasi *Diabetes Mellitus* sebesar 95,35%. Alat ukur gula darah menggunakan sensor MQ-135 layak digunakan sebagai alat deteksi kadar gula darah mandiri bagi pasien.

REFERENSI

- Agustine, L., Albert, G., dkk. (2018). Heart rate monitoring device for arrhythmia using pulse oximeter sensor based on android. *In 2018 International Conference on Computer Engineering, Network and Intelligent Multimedia, CENIM 2018 - Proceeding*.
- Annette G Dent , Tom G Sutedja, P. V. Z. (2013). Exhaled breath analysis for lung cancer. *Journal of Thoracic Disease, 5 Suppl 5(Suppl 5)*, S540-50.
- Aulia, M. S., Abdurrahman, M., & Putrada, A. G. (2019). Pendeteksian kadar glukosa dalam darah pada gejala diabetes tipe 1 menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor dengan metode nafas. *SMARTICS Journal, 5(1)*, 14–21.
- Dongmin Guo, David Zhanga, Lei Zhanga, G. L. (2012). Non-invasive blood glucose monitoring for diabetics by means of breath signal analysis. *Sensors and Actuators B, 173*, 106–113.
- Elen Ulbha Rizqita. (2019). *Alat pendeteksi diabetes mellitus melalui gas buang pernafasan dengan menggunakan sensor MQ-135 berbasis Arduino Uno*.
- Hersyah, M., Andrizal, A., & Revinessia, R. (2018). Identifikasi penyakit diabetes mellitus melalui nafas berbasis sensor gas dengan metode fast fourier transform. *Journal of Information Technology and Computer Engineering (JITCE), 02(2)*, 85–91.
- Istiono Majid, Endang Dian Setioningsih, S. (2013). *Monitoring BPM, suhu dan respirasi tampil PC via bluetooth dan pengiriman data via SMS (monitoring BPM dan pengiriman data via SMS)*.
- Ke Yan, David Zhang, Darong Wu, Hua Wei, G. L. (2014). Design of a breath analysis system for diabetes screening and blood glucose level prediction. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 61(11)*, 2787–2795.
- Kemenkes. (n.d.). *CEGAH, CEGA, dan CEGA: Suara Dunia Perangi Diabetes*. 2018.
- L Pauling, A B Robinson, R Teranishi, P. C. (2011). Quantitative analysis of urine vapor and breath by gas-liquid partition chromatography. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 68(10)*, 2374–2376.
- Ming Yea, Po-Jen Chien, Koji Toma, Takahiro Arakawa, K. M. (2015). An acetone bio-sniffer (gas phase biosensor) enabling assessment of lipid metabolism from exhaled breath. *Biosensors & Bioelectronics, 73*, 208–213.
- Mitrayana, M. A. J. Wasono, & M. R. I. (2014). Pengukuran konsentrasi gas aseton (C₃H₆O) dari gas hembus relawan berpotensi penyakit diabetes mellitus dengan metode spektroskopi fotoakustik laser. *Jurnal Fisika Indonesia, 15(54)*, 94–96.
- Muttaqin, A., Marsaini, T., Unand, K., & Manis, L. (2012). Penentuan kadar gula darah pada penderita diabetes mellitus (DM) melalui uji spektroskopi aseton dalam air liur. *Jurnal Ilmu Fisika, 4(1)*, 8–13.
- Ndruru, R. E., Situmorang, M. and Tarigan, G. (2014). Analisa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi padi di Deli Serdang. *Saintia Matematika, 2(1)*, 71–83.

- Nurul Muyasaroh. (2019). Effect of treadmill exercise on acetone gas concentration (diabetes mellitus biomarker) in human breath. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 19(1), 1–10.
- Paweł Mochalski, Julian King, Matthias Haas, Karl Unterkofler, A. A. & G. M. (2014). Blood and breath profiles of volatile organic compounds in patients with end-stage renal disease. *BMC Nephrol*, 15(43).
- Tem, R. (n.d.). *MQ-135 GAS SENSOR* (Vol. 1).
- Thalakkotur Lazar Mathew, Prabhahari Pownraj, Sukhananazerin Abdulla, B. P. (2015). Technologies for clinical diagnosis using expired human breath analysis. *Diagnostics*, 5(1), 27–60.
- Tim Penyusun. (2019). *Pedoman pemantauan glukosa darah mandiri 2019*.
- Usman, U., & Imran, A. (2019). Monitoring kadar glukosa darah non-invasive menggunakan sensor photoacoustic. *Celebes Health Journal LL-DIKTI IX*, 1(2), 99–111.
- Veronika Ruzsanyi, Wolfgang Lederer, Christoph Seger, Bogdan Calenic, Klaus R Liedl, A. A. (2014). Non-13CO₂ targeted breath tests: A feasibility study. *Journal of Breath Research*, 8(4).
- Yahya, M., Haddin, M., Nuryanto, E., Susila, B., Elektro, M. T., Teknik, F., & Islam, U. (2017). Deteksi gula darah melalui gas buang pernafasan menggunakan. *JETri*, 15(1), 1–12.