

APLIKASI HITUNG KONFIGURASI ELEKTRON DALAM SISTEM PERIODIK UNSUR KIMIA

Yeni¹, Genrawan Hoendarto², Antonius³

¹²³Teknik Informatika, STMIK Widya Dharma, Pontianak

e-mail: ¹yenny_yasinta@yahoo.com, ²genrawan@yahoo.com, ³antoniusok@yahoo.com

Abstract

Electron configuration is the arrangement or distribution of electrons in an atom or molecule. The arrangement of electrons in each atom follows the special rules of the chemists. These rules include the rules of the principle of Aufbau, the rules of the Pauli Prohibition Principles and the rules of the principle of Hund. In every arrangement of electrons in an atomic orbitals will produce a notation of electron configuration, this notation can be calculated using the atomic number of an element. The electron configuration notation used by experts in the calculation process is to know the location of an element in the periodic system of chemical elements by following the rules set by the previous experts. As for each rule has different provisions in setting rules but on each rule have a relationship with each other to be able to determine the location of chemical elements in conjunction with peiodik system of chemical elements. To be able to help ease the process of calculating electron configurations in order to reduce the likelihood of calculation with different rules in accordance with the rules of the chemists. So the authors designed an application that specifically perform desktop-based electron configuration calculations by using Microsoft Visual Basic.Net 2010. In designing the application feature of electron configuration calculation, the author studied the literature related to the electron configuration material by using the rules of Aufbau Principles, the rules The Pauli Prohibition Principle and the Rules of Principle Hund rule. Data collection techniques used are literature studies that include research reports, scientific journals, theses, and e-books are downloaded from the internet. The technique of system analysis used is object oriented technique that is with Unified Modeling Language (UML). Application design techniques used as storage are XML (Extensible Markup Language) and application design with Microsoft Visual Basic .Net 2010. The conclusion drawn from this research is the calculation of electron configuration using three rules of experts (Rules of Aufbau Principle, Pauli Prohibition Principle and Principle of Hund Rules) can be applied in an application design that can help calculate electron configurations.

Keywords: *Electron, Periodic System, Chemical Elements.*

Abstrak

Konfigurasi elektron adalah susunan atau distribusi elektron-elektron pada sebuah atom atau molekul. Susunan elektron pada setiap atom mengikuti aturan khusus dari para ahli kimia. Aturan tersebut antara lain aturan asas Aufbau, aturan Asas Larangan Pauli dan aturan Asas Kaidah Hund. Pada setiap susunan elektron dalam orbital atom akan menghasilkan notasi konfigurasi elektron, notasi ini dapat dihitung dengan menggunakan nomor atom suatu unsur. Notasi konfigurasi elektron yang digunakan para ahli dalam proses perhitungan adalah untuk mengetahui letak suatu unsur dalam sistem periodik unsur kimia dengan mengikuti aturan yang telah ditetapkan para ahli sebelumnya. Adapun masing-masing aturan memiliki ketetapan yang berbeda-beda dalam menetapkan aturan akan tetapi pada setiap aturan memiliki hubungan satu sama lain untuk dapat menentukan letak unsur kimia dalam hubungannya dengan sistem peiodik unsur kimia. Untuk dapat membantu memudahkan proses perhitungan konfigurasi elektron agar mengurangi kesalahan dalam perhitungan dengan aturan yang berbeda-beda yang sesuai dengan aturan para ahli kimia. Maka penulis merancang suatu aplikasi yang khusus melakukan perhitungan konfigurasi elektron berbasis dekstop dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Visual Basic.Net 2010*. Dalam perancangan fitur aplikasi perhitungan konfigurasi elektron ini, penulis mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dengan materi konfigurasi elektron dengan menggunakan aturan Asas Aufbau, aturan Asas Larangan Pauli dan aturan Asas Kaidah Hund. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah studi literatur yang meliputi laporan penelitian, jurnal ilmiah, skripsi, dan e-book yang diunduh dari internet. Teknik analisis sistem yang digunakan yaitu teknik berorientasi objek yaitu dengan Unified Modeling Language (UML). Teknik perancangan aplikasi yang digunakan sebagai penyimpanan adalah XML (*Extensible Markup Language*) dan perancangan aplikasi dengan *Microsoft Visual Basic .Net 2010*. Kesimpulan yang diambil dari penelitian ini adalah perhitungan konfigurasi elektron dengan menggunakan tiga aturan para ahli (Aturan Asas Aufbau, Asas Larangan Pauli dan Asas Kaidah Hund) dapat diterapkan dalam sebuah perancangan aplikasi yang dapat membantu perhitungan konfigurasi elektron.

Kata Kunci: Elektron, Sistem Periodik, Unsur Kimia.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi masa kini berkembang dengan sangat pesat. Seiring berkembangnya teknologi, manusia menciptakan teknologi dengan inovasi-inovasi yang baru. Salah satu inovasi yang dapat dikembangkan manusia dari teknologi adalah aplikasi. Aplikasi dapat membantu pekerjaan manusia khususnya dalam bidang pendidikan sebagai media pembelajaran khususnya dalam bidang kimia. Kimia merupakan ilmu yang mempelajari tentang komposisi, struktur, sifat, dan perubahan dari suatu zat hingga struktur atom mengenai berbagai macam unsur yang dapat di pelajari dalam notasi konfigurasi elektron.

Konfigurasi elektron merupakan pembelajaran untuk mencari letak suatu unsur dalam sistem periodik unsur kimia dengan menggunakan nomor atom yang mengikuti tiga aturan dasar atau azas penting yang menjadi dasar penyusunan konfigurasi elektron yang ditetapkan oleh para ahli kimia yaitu prinsip aufbau, kaidah hund, dan larangan pauli. Setiap aturan memiliki aturan yang harus diikuti sehingga dapat diketahui dengan pasti letak suatu unsur di dalam sistem periodik unsur.

Untuk membantu mengurangi terjadinya kesalahan dalam melakukan perhitungan konfigurasi elektron, penulis tertarik untuk merancang sebuah aplikasi berbasis desktop yang dapat melakukan perhitungan konfigurasi elektron sehingga dapat menentukan letak suatu unsur dalam sistem periodik unsur kimia dengan menggunakan bahasa pemrograman *Microsoft Visual Basic.Net 2010*, yang diharapkan dapat digunakan sebagai solusi yang tepat untuk mendapatkan hasil yang akurat.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

2.1.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dalam penyusunan skripsi ini, penulis menggunakan desain penelitian hubungan kausal, yaitu penulis melakukan percobaan dan pengujian terhadap aplikasi yang dibuat dan dengan cara mempelajari literatur yang berhubungan dengan materi.

1.1.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan penulis adalah studi literatur yang meliputi laporan penelitian, jurnal ilmiah, skripsi, *e-book* yang diunduh dari *internet*, serta sumber-sumber tertulis lainnya yang relevan. Penulis mengumpulkan dan mempelajari literatur-literatur yang berkaitan dengan objek penelitian yaitu konfigurasi elektron dalam sistem periodik unsur kimia.

1.1.3 Teknik Analisis Sistem

Teknik analisis sistem yang digunakan penulis adalah teknik berorientasi objek dengan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML), yang berperan untuk membantu menggambarkan prosedur yang terdapat pada perancangan aplikasi hitung konfigurasi elektron dalam sistem periodik unsur kimia.

1.1.4 Teknik Perancangan Aplikasi

Teknik perancangan aplikasi dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan bahasa pemrograman *VB.Net 2010* dan *XML (Extensible Markup Language)* yang digunakan sebagai media penyimpanan data.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Data

Data merupakan kenyataan yang menggambarkan suatu kejadian dan merupakan suatu kesatuan nyata yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar suatu informasi. [1] Data adalah sesuatu yang belum mempunyai arti bagi penerimanya, dan masih memerlukan adanya suatu pengolahan. Data bisa berupa suatu keadaan, gambar, suara, huruf, angka, matematika, bahasa, atau simbol-simbol lainnya yang bisa digunakan sebagai bahan untuk melihat lingkungan, objek, kejadian, atau suatu konsep. [2]

2.2.2 Informasi

Informasi adalah sekumpulan data/fakta yang diorganisir atau diolah dengan cara tertentu sehingga mempunyai arti bagi penerimanya. [3] hasil pengolahan sebuah model, formasi, organisasi, atau suatu perubahan bentuk dari data yang memiliki nilai tertentu, dan bisa digunakan untuk menambah pengetahuan bagi yang menerimanya. [2]

2.2.3 Program Aplikasi

Program aplikasi merupakan perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk tujuan tertentu seperti mengolah dokumen, mengatur *Windows 7*, permainan (*game*), dan sebagainya. [4] sekumpulan elemen yang saling berinteraksi dan saling berketerikatan antara satu dengan yang lainnya dalam melakukan suatu kegiatan secara bersama-sama untuk mencapai tujuan tertentu. Program aplikasi dapat diartikan juga sebagai program komputer yang dibuat untuk menolong manusia dalam melaksanakan tugas tertentu. [5]

2.2.4 Perancangan Perangkat Lunak

Definition software design: design is defined in [IEEE 1990] as both "the process of defining the architecture, components, interfaces, and other characteristics of a system or component" and "the result of [that] process. (Definisi Perancangan Perangkat Lunak: Desain didefinisikan di dalam [IEEE 1990] baik sebagai “proses mendefinisikan arsitektur, komponen, tampilan antarmuka, dan karakteristik lain dari sistem atau komponen” dan “hasil dari proses tersebut”). [6] Perancangan perangkat lunak merupakan proses untuk

mendefinisikan suatu model atau rancangan perangkat lunak dengan menggunakan teknik dan prinsip tertentu sedemikian hingga model atau rancangan tersebut dapat diwujudkan menjadi perangkat lunak. [5]

2.2.5 Perancangan User Interface

Perancangan *user interface* adalah sebuah media komunikasi antara si pengguna dengan sistem. [7] Perancangan *user interface* adalah perangkat lunak yang menyediakan media komunikasi antar pengguna dengan sistem, seperti prosedur untuk membaca masukan fakta dari pemakai yaitu macam-macam minat, prosedur menampilkan hasil kesimpulan prosedur untuk menghasilkan keluaran dalam bentuk *hard copy*, *form* penelusuran. [8]

2.2.6 Kimia

The science of pure chemistry is defined as " the study of the composition, structure and properties of matter, chemical processes and phenomena and the changes they are bringing to matter or substances. (Ilmu kimia murni didefinisikan sebagai studi tentang komposisi, struktur dan sifat materi, proses kimia dan fenomena dan perubahan tersebut membawa materi atau zat)".[9] *Chemistry is the science that studies atoms and molecules along with their properties. All matter is composed of atoms and molecules, so chemistry is all encompassing and is referred to as the central science because all other scientific fields use its discoveries.* (Kimia adalah ilmu yang mempelajari atom dan molekul beserta dengan sifat-sifatnya. Semua materi terdiri dari atom dan molekul, sehingga kimia yang mencakup semua dan disebut sebagai ilmu sentral karena semua bidang ilmu lain menggunakan penemuan-penemuannya)". [10]

2.2.7 Nomor Atom

The atomic number of an element indicates the number of protons in the nucleus of the atom. all atoms of the same element have the same number of protons in the nucleus. In an atom, the number of protons is equal to the number of electrons; therefore, the atomic number also gives the number of electrons. (Nomor atom unsur menunjukkan jumlah proton dalam inti atom. semua atom dari unsur yang sama memiliki jumlah proton yang sama pada intinya. Dalam sebuah atom, jumlah proton sama dengan jumlah elektron; Oleh karena itu, nomor atom juga memberikan jumlah elektron). [11] Nomor atom menyatakan jumlah proton dalam suatu atom. Nomor atom merupakan ciri khas dari setiap atom, sehingga atom yang berbeda mempunyai nomor atom yang berbeda. [12]

2.2.8 Konfigurasi Elektron

Konfigurasi elektron adalah susunan elektron pada masing-masing kulit (tingkat-tingkat energi). Dalam menuliskan konfigurasi elektron, data yang pertama kali diperlukan adalah nomor atom suatu unsur yang menyatakan jumlah elektron dari atom unsur tersebut. [13] Konfigurasi elektron merupakan urutan sub-tingkatan energi yang diisi oleh elektron dalam sebuah atom. Terdapat tiga kaidah pengisian orbital yang harus diperhatikan, yaitu asas Aufbau, asas larangan Pauli, dan kaidah Hund.

a. Asas Aufbau

- 1) Pengisian elektron-elektron ke dalam orbital-orbital dimulai dari tingkatan energi rendah sampai ke tingkatan energi yang lebih tinggi.
- 2) Untuk membuktikan suatu tingkat energi memiliki tingkat energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lainnya dapat dilihat dari harga $(n+1)$
Contoh: $4s \rightarrow n = 4$ dan $l = 0$, maka $n + 1 = 4 + 0 = 4$.
 $3d \rightarrow n = 3$ dan $l = 2$, maka $n + 1 = 3 + 2 = 5$.
Oleh karena harga $(n+1)$ dari subtingkat energi $3d$ lebih besar daripada subtingkat energi $4s$, maka $4s$ ditulis lebih dahulu menurut asas aufbau.

b. Asas Larangan Pauli

- 1) Menurut Wolfgang Pauli, tidak ada dua elektron dalam suatu atom yang boleh memiliki keempat bilangan kuantum yang sama. Bila dua elektron mengisi satu orbital, maka bilangan kuantum utama, azimut dan magnetik pasti sama, sedangkan bilangan kuantum spin pasti berbeda.
- 2) Dengan asas larangan Pauli, maka dapat dikatakan bahwa satu orbital dapat ditempati maksimum dua elektron.
Subkulit s (1 orbital) maksimum ditempati 2 elektron.
Subkulit p (3 orbital) maksimum ditempati 6 elektron.
Subkulit d (5 orbital) maksimum ditempati 10 elektron.
Subkulit f (7 orbital) maksimum ditempati 14 elektron dan seterusnya.
Akhirnya, dapat disimpulkan: Kulit ke- n memiliki n buah subkulit, n^2 orbital dan $2n^2$ elektron

c. Kaidah Hund

- 1) Pada pengisian orbital-orbital dengan tingkat energi yang sama, mula-mula elektron mengisi orbital secara sendiri-sendiri dengan spin yang paralel, baru kemudian berpasangan.
- 2) Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam konfigurasi elektron
 - a) Cara pengurutan subkulit : Terdapat dua cara pengurutan subkulit, yaitu pengurutan subkulit berdasarkan tingkat energi dan pengurutan subkulit berdasarkan pengelompokan nomor kulit yang sama. Contoh: perhatikan urutan subkulit pada Co ($Z = 27$)
 - (1) Pengurutan subkulit berdasarkan tingkat energi: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^7$

- (2) Pengurutan subkulit berdasarkan pengelompokan nomor kulit yang sama: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$
- b) Penyingkatan konfigurasi elektron dengan konfigurasi elektron gas mulia: Telah dikenal enam unsur gas mulia, yaitu He ($Z=2$), Ne ($Z=10$), Ar ($Z=18$), Kr ($Z=36$), Xe ($Z=54$), dan Rn ($Z=86$). Jika jumlah elektron suatu atom yang bersesuaian dengan salah satu nomor gas mulia, maka dalam konfigurasinya dapat diwakili dengan gas mulia terdekat. Contoh: Sr ($Z=38$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2$ atau [Kr] $5s^2$.
- c) Kestabilan subkulit d yang terisi penuh atau setengah penuh: Bila dalam suatu konfigurasi elektron terdapat $s^2 d^4$ atau $s^2 d^9$, maka cenderung berubah menjadi $s^1 d^5$ atau $s^1 d^{10}$. Hal ini karena subkulit d dalam keadaan penuh atau setengah penuh atau setengah penuh lebih stabil. Contoh: Cu ($Z=29$): [Ar] $4s^2 3d^9$ (salah), [Ar] $4s^1 3d^{10}$ (benar). [14]

Energi tolak menolak elektrostatis antara dua elektron akan minimum jika posisinya saling berjauhan. Oleh karena itu, elektron-elektron harus terlebih dahulu menempati masing-masing orbital dengan arah rotasi (spin) yang sama sebelum dapat berpasangan. Hal itu dirumuskan sebagai kaidah multiplikasi maksimum dari Hund yaitu "jika elektron-elektron dimasukkan ke dalam orbital-orbital pada subkulit yang sama, elektron-elektron tersebut akan mengisi orbital satu persatu dengan arah rotasi (spin) yang sama sebelum dapat berpasangan". Penyimpangan di subkulit d terjadi pada orbital-orbital yang hampir setengah penuh (Cr atau Mo) atau hampir penuh (Cu dan Pd). Hal ini dikarenakan orbital yang setengah penuh (d^5) atau penuh (d^{10}) bersifat lebih stabil dibandingkan orbital-orbital yang hampir setengah penuh (d^4) atau hampir penuh (d^9). Akhirnya, 1 atau 2 elektron dari orbital di subkulit ns pindah ke orbital di subkulit $(n-1)d$. Penyimpangan ini dapat dilihat di gambar 1. Penyimpangan di subkulit f cukup mencolok karena tingkat energi orbital-orbital yang sangat berdekatan. Dalam hal ini, 1 atau 2 elektron dari orbital di subkulit $(n-2)f$ pindah ke orbital di subkulit $(n-1)d$. Penyimpangan ini dapat dilihat di gambar 2. [15]

Unsur	Konfigurasi yang diharapkan	Konfigurasi sebenarnya
Cu ($Z=24$)	[Ar] $4s^2 3d^4$	[Ar] $4s^1 3d^5$
Cu ($Z=29$)	[Ar] $4s^2 3d^9$	[Ar] $4s^1 3d^{10}$
Pd ($Z=46$)	[Kr] $5s^2 4d^8$	[Ar] $5s^0 4d^{10}$
Ag ($Z=47$)	[Kr] $5s^2 4d^9$	[Ar] $5s^1 4d^{10}$

Gambar 1. Tabel Penyimpangan di Subkulit D

Unsur	Konfigurasi yang diharapkan	Konfigurasi sebenarnya
La ($Z=57$)	[Xe] $6s^2 4f^1 5d^0$	[Xe] $6s^2 4f^0 5d^1$
Gd ($Z=64$)	[Xe] $6s^2 4f^8 5d^0$	[Xe] $6s^2 4f^7 5d^1$
Th ($Z=90$)	[Xe] $7s^2 5f^2 6d^0$	[Xe] $7s^2 5f^0 6d^2$
Np ($Z=93$)	[Xe] $7s^2 5f^5 6d^0$	[Xe] $7s^2 5f^4 6d^1$

Gambar 2. Tabel Penyimpangan di Subkulit F

2.2.9 Sistem Periodik Modern

Pada 1914, Henry G. J. Moseley menunjukkan kalau "urutan unsur dalam tabel periodik sesuai dengan kenaikan nomor atomnya". Moseley juga mengungkapkan kalau urutan kenaikan nomor atom sama dengan urutan kenaikan masa atom. Sistem periodik modern dapat membenarkan ketidaksesuaian pada sistem periodik Mendeleev. Sistem periodik ini juga merupakan penyempurnaan sistem periodik Mendeleev. [16] Sistem periodik panjang merupakan penyempurnaan dari sistem periodik Mendeleev, akan tetapi unsur-unsur disusun berdasarkan kenaikan nomor atomnya. Sistem periodik modern dapat membenarkan ketidaksesuaian pada sistem periodik Mendeleev. Sistem periodik unsur inilah yang dipakai hingga sekarang. Hubungan tabel periodik dengan konfigurasi elektron:

a. Periode dan golongan

Sistem periodik panjang terdiri dari periode (lajur horizontal) dan golongan (lajur vertikal).

- 1) Periode: periode menunjukkan banyaknya kulit utama (n) suatu atom. Contoh: Tentukanlah periode dari atom Na dengan nomor atom 11. Jawab: ${}_{11}\text{Na}$: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$ ($n=3$), terletak pada periode ke -3.
- 2) Golongan: Golongan menunjukkan elektron valensi suatu atom. Elektron valensi adalah elektron-elektron pada kulit terluar yang digunakan untuk pembentukan ikatan. Berdasarkan konfigurasi elektron valensi, unsur-unsur dibagi menjadi unsur representatif/utama (golongan A) dan unsur transisi (golongan B).
 - a) Unsur utama (golongan A): unsur-unsur pada golongan A adalah unsur yang mempunyai konfigurasi elektron berakhir pada subkulit s (golongan IA, IIA) dan subkulit (golongan IIIA s.d. VIIIA). Oleh karena itu, golongan A disebut juga unsur blok s dan p . Nomor golongan pada unsur golongan A ditentukan oleh banyaknya elektron pada kulit terluar (elektron valensi). Contoh: ${}_{16}\text{S}$: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^4$ (blok p). S terletak pada periode 3, golongan IVA.

- b) Unsur transisi (golongan B): unsur-unsur pada golongan B adalah unsur yang mempunyai konfigurasi elektron berakhir pada subkulit d (blok d) dan subkulit f (blok f). Unsur transisi yang konfigurasi elektronnya berakhir pada subkulit d disebut transisi luar (golongan IB s.d. VIIIB) dan yang berakhir pada subkulit f disebut transisi dalam (lantanida dan aktinida).

(1) Unsur transisi luar (IB s.d. VIIIB)

Nomor golongan pada unsur transisi luar (blok d) ditentukan oleh banyaknya elektron pada subkulit s dan d terluar (elektron valensi).

Ketentuan:

$s+d = 3$ s.d. $7 \rightarrow$ golongan IIIB s.d. VIIB

$s+d = 8$ s.d. $10 \rightarrow$ golongan VIIIB

$s+d = 11 \rightarrow$ golongan IB

$s+d = 12 \rightarrow$ golongan IIB

Contoh: Tentukan periode dan golongan dari unsur ${}_{21}\text{Sc}$! Jawab: ${}_{21}\text{Sc}$: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^1$. (blok d). Sc terletak pada periode 4, golongan IIIB.

(2) Unsur transisi dalam (lantanida dan aktinida)

Lantanida dan aktinida tidak mempunyai nomor golongan. Lantanida konfigurasi elektronnya berakhir pada subkulit $4f$, sedangkan aktinida berakhir pada subkulit $5f$. [17]

2.2.10 Unified Modeling Language (UML)

UML (*Unified Modeling Language*) adalah bahasa pemodelan untuk sistem atau perangkat yang berparadigma berorientasi objek. [18] Notasi yang lengkap untuk membuat visualisasi model suatu sistem yang berisi informasi dan fungsi, tetapi secara normal digunakan untuk memodelkan sistem komputer. [5]

2.2.11 Microsoft Visual Basic .Net

Visual Basic .Net adalah Visual Basic yang direkayasa kembali untuk digunakan pada platform *.Net* sehingga aplikasi yang dibuat menggunakan *Visual Basic .Net* dapat berjalan pada sistem komputer apa pun, dan dapat mengambil data dari *server* dengan tipe apa pun asalkan terinstal *.Net Framework*. [19] Pengembangan lebih lanjut dari bahasa pemrograman *Visual Basic 6.0* yang dikenal dengan kemampuan *Rapid Application Development* dan mengimplementasikan konsep OOP (*Object Oriented Programming*) secara penuh dan merupakan sebuah alat untuk mengembangkan dan membangun aplikasi yang bergerak di atas sistem *.NET Framework*, dengan menggunakan bahasa *BASIC*. [20]

2.2.12 Extensible Markup Language (XML)

eXtensible Markup Language yang dikembangkan oleh *World Wide Web Consortium (W3C)* sebagai sebuah standar bahasa *markup* umum terutama untuk menampilkan format *text* sehingga datanya dapat dibaca oleh berbagai aplikasi komputer. XML adalah aturan-aturan untuk membuat format informasi standar dengan menggunakan tag-tag (penanda) sehingga data dan format *text* dapat dimanfaatkan pada berbagai aplikasi atau perangkat lunak. [21] XML adalah singkatan dari *eXtensible Markup Language*. XML merupakan sebuah bahasa yang fungsi utamanya adalah sebagai media penyimpanan data. XML didesain untuk mampu menyimpan data secara ringkas dan mudah diatur. [22]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Sistem Aplikasi Perhitungan Konfigurasi Elektron

3.1.1 Asas Aufbau

Menurut Aufbau, pengisian elektron ke dalam orbital selalu dimulai dari orbital dengan tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi dengan melakukan pengisian elektron yang harga n -nya lebih kecil terlebih dahulu. Setelah itu akan mengisi ke harga n -nya pada tingkatan energi yang lebih tinggi. Dengan demikian suatu atom selalu berada pada tingkat energi minimum. Pengisian elektron ke dalam orbital dimulai dari orbital $1s$, kemudian $2s$, $2p$, dan seterusnya sesuai tanda panah yang dijelaskan pada teori Asas Aufbau. Adapun pengisian elektron ke masing-masing orbital harus sesuai dengan jumlah elektron maksimum di dalam orbital yaitu orbital s menempati 2 orbital dengan jumlah maksimum elektron 4, orbital p menempati 3 orbital dengan jumlah maksimum elektron 6, orbital d menempati 5 orbital dengan jumlah maksimum elektron 10, orbital f menempati 7 orbital dengan jumlah maksimum elektron 14. Untuk dapat mengetahui konfigurasi elektron dari nomor atom yang sudah ditentukan. Maka nomor atom akan di eliminasi dengan memasuki jumlah elektron pada masing-masing subkulit orbital. Dengan demikian, setiap subkulit orbital yang terisi elektron merupakan konfigurasi elektron yang sesuai dengan jumlah nomor atom yang telah ditentukan.

3.1.2 Asas Larangan Pauli

Dalam perhitungan konfigurasi elektron, tahapan perhitungan asas larangan Pauli akan dilakukan dengan cara perhitungan yang sama dengan tahapan perhitungan asas Aufbau. Berbeda dengan asas Aufbau yang menampilkan diagram tingkat energi dalam bentuk angka beserta nama subkulit periode elektron tersebut, Asas Larangan Pauli menunjukkan diagram tingkat energi dengan menampilkan pengisian elektron dalam orbital dengan bentuk arah *spin* bilangan kuantum *spin* yang berbeda. Bentuk bilangan kuantum *spin* ditunjukkan dengan arah *spin* yang memberikan nilai positif (+) dengan simbol arah (\uparrow) dan nilai negatif (-) dengan simbol arah (\downarrow).

3.1.3 Asas Kaidah Hund

Tahapan pengisian elektron pada asas Kaidah Hund adalah tahapan lanjutan dari tahapan-tahapan sebelumnya yang memiliki satu kesatuan saling berhubungan dalam perhitungan konfigurasi elektron yang menunjukkan penempatan arah spin yang berbeda dengan cara mengisi arah spin positif \uparrow terlebih dahulu secara paralel pada setiap orbital dalam jumlah orbital subkulit orbital s, p, d, f . Setelah arah spin positif \uparrow terisi penuh dengan menempati masing-masing satu arah spin maka arah spin negatif \downarrow akan mengisi orbital yang ditempati arah spin positif \uparrow sampai semua jumlah subkulit orbital terisi penuh. Pengisian arah spin penuh dan setengah penuh dalam orbital hanya dapat terjadi pada elektron yang menempati atau melewati subkulit d . Arah spin (s) merupakan jumlah elektron dalam satu orbital dengan penggunaan arah spin yang dapat ditempati dua elektron atau dua arah spin berbeda dalam satu orbital yang ditampilkan dalam diagram tingkat energi. Setelah mengetahui arah spin yang menempati orbital dalam subkulit periode, tahapan terakhir adalah melakukan penulisan konfigurasi elektron untuk mendapatkan nama unsur yang dicari berdasarkan bilangan nomor atom yang diketahui melalui perhitungan konfigurasi elektron dalam tabel periodik unsur. Adapun cara penulisan konfigurasi elektron yang ditetapkan dalam penulisan konfigurasi elektron adalah :

- Penulisan konfigurasi elektron dengan cara pengurutan subkulit : terdapat dua cara pengurutan subkulit, yaitu pengurutan subkulit berdasarkan pengelompokan tingkat energi dan pengurutan subkulit berdasarkan pengelompokan nomor kulit yang sama. Dari kedua cara yang dapat digunakan dalam pengurutan subkulit, aplikasi ini menggunakan penulisan pengurutan subkulit berdasarkan pengurutan tingkat energi. Contoh cara pengurutan subkulit berdasarkan pengurutan tingkat energi yaitu : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^7$.
- Penulisan konfigurasi elektron dengan unsur gas mulia :
Pada penulisan konfigurasi elektron dengan menggunakan pengurutan tingkat energi dapat disingkat dengan menggunakan penulisan berdasarkan penyingkatan konfigurasi elektron dengan lambang gas mulia.

$$\begin{array}{ccccccc}
 1s^2 & 2s^2 2p^6 & 3s^2 3p^6 & 4s^2 3d^{10} 4p^6 & 5s^2 4d^{10} 5p^6 & 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6 & \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \\
 [\text{He}] Z=2 & [\text{Ne}] Z=10 & [\text{Ar}] Z=18 & [\text{Kr}] Z=36 & [\text{Xe}] Z=54 & [\text{Rn}] Z=86 & \\
 \text{Contoh : Sr (Z = 38) : } & [\text{Kr}] 5s^2 & & & & &
 \end{array}$$
- Kestabilan subkulit d yang terisi penuh dan setengah penuh : penulisan kestabilan subkulit d berlaku pada subkulit d yang terisi penuh dan setengah penuh yang dilihat dari pengisian elektron pada kulit d . Pengisian ini terjadi apabila terdapat subkulit d yang terisi setengah penuh atau terisi dengan satu arah spin dalam satu orbital. Sehingga subkulit subkulit d akan mengambil elektron yang terdapat dalam subkulit sebelumnya yaitu elektron pada subkulit s untuk mencapai kestabilan subkulit d .
Contoh : $[\text{Ar}] 4s^2 3d^9$ menjadi $[\text{Ar}] 4s^1 3d^{10}$.

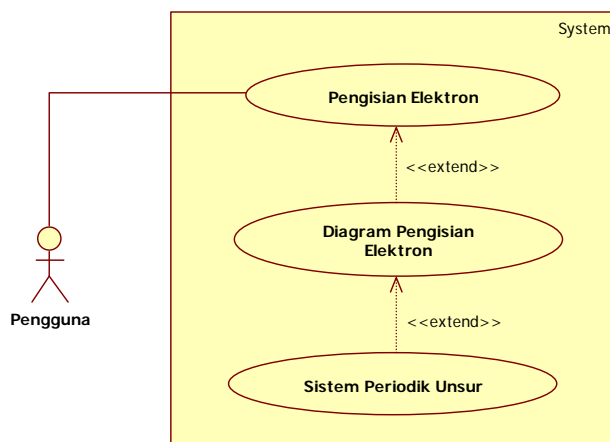
3.2 Sistem Periodik Unsur Kimia Modern

Sistem periodik unsur merupakan menu yang berisi tabel sistem periodik unsur yang terdiri dari 118 unsur yang masing-masing disusun berdasarkan nomor atom, periode dan nomor golongan yang dimiliki setiap unsur dalam sistem periodik unsur. Dalam sistem periodik unsur terdapat hubungan tabel sistem periodik unsur dengan konfigurasi elektron dengan penentuan periode dan golongan yang dijelaskan sebagai berikut :

- Periode menunjukkan banyaknya kulit utama (n) suatu atom. Contoh : ${}_{11}\text{Na} [\text{Ne}] 3s^1$. terletak pada periode ke-3.
- Golongan menunjukkan elektron valensi suatu atom. Berdasarkan konfigurasi elektron valensi, unsur-unsur dibagi menjadi unsur utama (golongan A) dan unsur transisi (golongan B). Elektron valensi adalah jumlah elektron pada subkulit dengan harga n terbesar. Contoh konfigurasi elektron: ${}_{31}\text{Ga} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^1$. n terbesar = 4, elektron valensi : ${}_{31}\text{Ga} = 2 + 1 = 3$.

3.3 Perancangan Unified Modeling Language (UML)

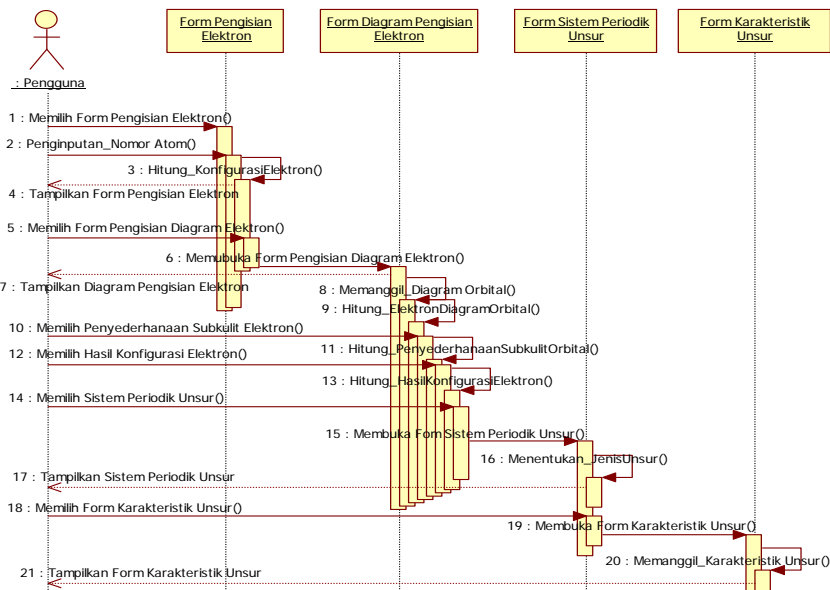
3.3.1 Diagram Use Case



Gambar 3. Diagram Use Case Aplikasi

Dari diagram use case di atas dapat diketahui bahwa terdapat satu aktor yaitu aktor pengguna. Aktor pengguna dapat mengakses semua use case yang ada dalam aplikasi ini, antara lain pengisian elektron, diagram pengisian elektron, dan sistem periodik unsur.

3.3.2 Diagram Sekuensial Perhitungan Konfigurasi Elektron



Gambar 4. Diagram Sekuensial Perhitungan Konfigurasi Elektron

Diagram urutan pada gambar 4 di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.3.2.1 Tahap pertama: pengguna memilih form pengisian elektron, kemudian pengguna diminta untuk melakukan penginputan nomor atom. Dengan nomor atom yang diterima sistem maka sistem secara langsung melakukan penghitungan konfigurasi elektron dengan menggunakan nomor atom tersebut, setelah selesai sistem menampilkan perhitungan konfigurasi elektron kepada pengguna.

3.3.2.2 Tahap kedua: pengguna memilih form diagram pengisian elektron yang terdapat pada form pengisian elektron dan aplikasi akan menampilkan form diagram pengisian elektron kepada pengguna. Dalam diagram pengisian elektron sistem melakukan tiga macam perhitungan yang dijelaskan sebagai berikut:

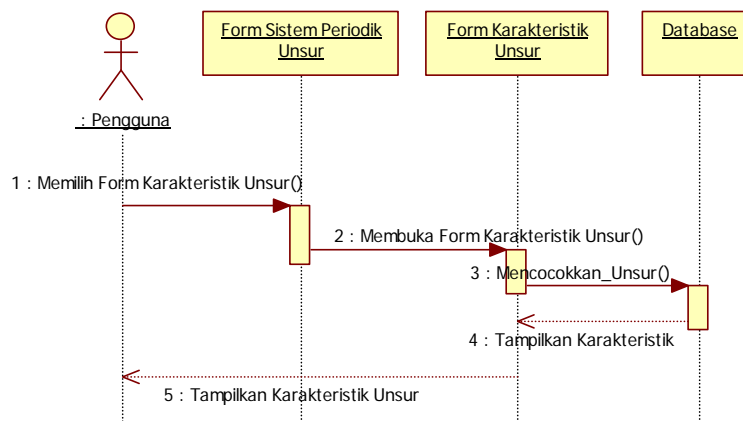
3.3.2.2.1 Aplikasi memanggil diagram orbital dan melakukan perhitungan konfigurasi elektron di dalam orbital.

3.3.2.2.2 Aplikasi akan melakukan perhitungan penyederhanaan subkulit elektron dalam diagram orbital setelah pengguna memilih penyederhanaan subkulit elektron yang terdapat pada *form* diagram pengisian elektron.

3.3.2.2.3 Aplikasi akan melakukan perhitungan hasil konfigurasi elektron setelah pengguna memilih hasil konfigurasi elektron yang terdapat pada *form* diagram pengisian elektron.

3.3.2.3 Tahap ketiga: pengguna memilih *form* sistem periodik unsur yang terdapat pada *form* diagram pengisian elektron. Setelah pengguna memilih *form* sistem periodik unsur untuk ditampilkan, maka aplikasi akan menentukan unsur yang sesuai dengan perhitungan konfigurasi elektron dan menampilkan *form* tersebut kepada pengguna.

3.3.3 Diagram Karakteristik Unsur



Gambar 5. Diagram Sekuensial Karakteristik Unsur

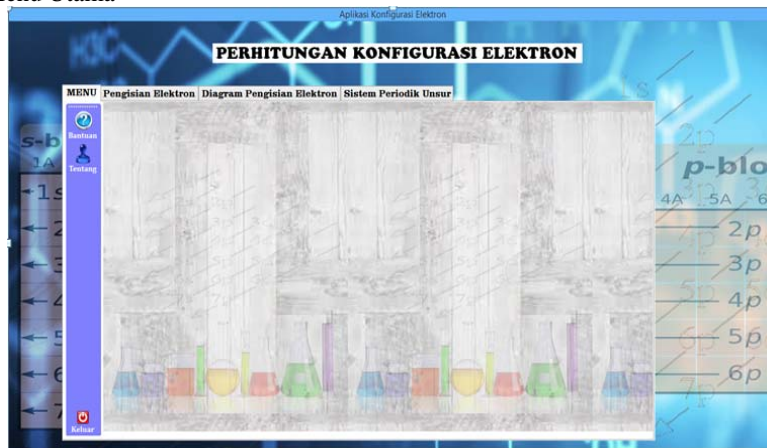
Diagram urutan pada gambar 5 di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.3.3.1 Aplikasi akan melakukan pencocokan keterangan karakteristik pada masing-masing unsur dengan *record-record* yang tersedia di dalam database. Pencocokan ini akan dilakukan setelah pengguna memilih untuk menampilkan *form* karakteristik unsur yang terdapat pada *form* sistem periodik unsur.

3.3.3.2 Ketika data pencocokan telah ditemukan maka aplikasi akan langsung menampilkan karakteristik unsur kepada pengguna melalui *form* karakteristik unsur.

3.4 Tampilan Menu Aplikasi

3.4.1 Tampilan Menu Utama



Gambar 6. Tampilan Menu Utama

Tampilan menu utama merupakan halaman form yang pertama kali tampil saat aplikasi dijalankan. Pada menu utama, tersedia beberapa menu dan submenu yang dapat dipilih dengan cara meng-klik tombol (button) dari menu yang tersedia maupun submenu-submenu dari menu utama. terdapat empat menu yang ditampilkan pada menu utama, tiga diantaranya yaitu menu pengisian elektron, menu diagram pengisian elektron, menu sistem periodik unsur, dan satu menu lainnya yang terdapat tiga submenu yang terdiri dari submenu bantuan, submenu bantuan, dan tombol perintah keluar.

Fungsi dari menu-menu utama antara lain:

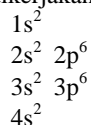
- Bantuan, berfungsi untuk menampilkan ilustrasi gambar serta langkah-langkah penggunaan aplikasi perhitungan konfigurasi elektron.
- Tentang, berfungsi untuk mengetahui nama aplikasi, informasi singkat dari perhitungan konfigurasi elektron yang digunakan aplikasi dan informasi kontak *developer*.
- Pengisian Elektron, berfungsi untuk memulai perhitungan konfigurasi elektron dengan menggunakan nomor atom dan menampilkan perhitungan konfigurasi elektron Asas Aufbau.
- Diagram Pengisian Elektron, berfungsi untuk menampilkan perhitungan konfigurasi elektron di dalam orbital berdasarkan aturan Asas Larangan Pauli dan menampilkan hasil notasi konfigurasi elektron yang memiliki hubungan dengan mengetahui letak unsur dalam tabel sistem periodik unsur kimia berdasarkan aturan Asas Kaidah Hund.
- Sistem Periodik Unsur, berfungsi untuk menampilkan tabel sistem periodik unsur kimia dan *form* karakteristik unsur.
- Keluar, berfungsi untuk memanggil perintah keluar dari aplikasi.

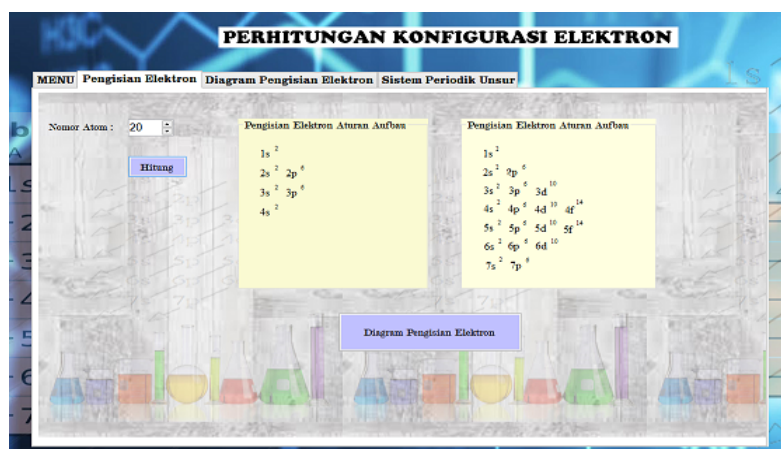
3.5 Pengujian Whitebox

Pengujian ini dilakukan untuk mengecek keakuratan yang dihasilkan dari tiap kasus berbeda. Dalam perhitungan konfigurasi elektron, nomor atom akan diselesaikan dengan melewati tiga aturan penyelesaian yaitu Asas Aufbau, Asas Larangan Pauli dan Asas Kaidah Hund. Berikut ini tahapan penyelesaian perhitungan konfigurasi elektron sampai menentukan hasil keterangan unsur dalam sistem periodik unsur. Pengujian kasus menggunakan nomor atom 20.

3.5.1 Tahap Pertama : Aturan Asas Aufbau

Aturan ini dilakukan dengan pengisian elektron ke dalam orbital yang selalu dimulai dari orbital energi tingkat rendah ke orbital energi tingkat tinggi dan akan berhenti ketika elektron valensi mencapai total nomor atom yang ditentukan, dengan total 118 elektron valensi. Hasil perhitungan dengan nomor atom 20 yang dikerjakan secara manual :



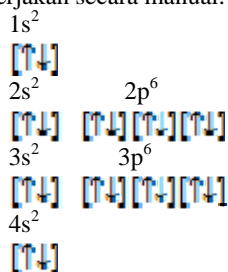


Gambar 7. Tampilan Menu Pengisian Elektron

Tampilan pada gambar 7 adalah hasil perhitungan konfigurasi elektron yang dilakukan aplikasi berdasarkan pada perhitungan tahap pertama dengan nomor atom 20 yang menggunakan aturan Asas Aufbau.

3.5.2 Tahap Kedua : Aturan Asas Larangan Pauli

Aturan ini merupakan proses perhitungan yang dikerjakan setelah aturan asas Aufbau selesai dikerjakan. Dalam aturan asas Larangan Pauli, pengisian elektron selanjutnya akan dijabarkan dengan menggunakan diagram pengisian elektron dalam orbital yang dijabarkan dengan menggunakan arah *spin* yang berlawanan. Berikut ini penyelesaian nomor atom 20 dengan menggunakan aturan asas Larangan Pauli yang dikerjakan secara manual:



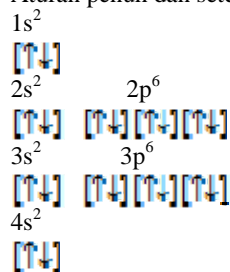
Gambar 8 Tampilan Menu Diagram Pengisian Elektron

Total pengisian elektron dalam satu orbital maksimal sama dengan nilai elektron valensi pada subkulit masing-masing. Berikut ini adalah tampilan hasil perhitungan dari aplikasi dengan nomor atom 20 yang berdasarkan pada perhitungan tahap kedua dengan menggunakan aturan asas Larangan Pauli dalam diagram pengisian orbital pada *groupbox* diagram konfigurasi elektron .

3.5.3 Tahap Ketiga : Aturan Asas Kaidah Hund

Aturan ini merupakan proses perhitungan yang dikerjakan setelah aturan asas Larangan Pauli selesai dikerjakan. Dalam aturan asas Kaidah Hund, pengisian elektron selanjutnya yang terdapat pada diagram pengisian elektron akan dieksekusi dengan menggunakan aturan orbital penuh dan setengah penuh yang berlaku pada subkulit *d*. Setelah itu dapat menentukan hasil perhitungan konfigurasi elektron dari hasil penyelesaian diagram yang ditempati arah spin dalam orbital. Berikut ini penyelesaian nomor atom 20 dengan menggunakan aturan asas Kaidah Hund yang dikerjakan secara manual:

- a. Aturan penuh dan setengah penuh pada subkulit *d*.



Gambar 9 Tampilan Perhitungan Penyederhanaan Kaidah Hund

Dari hasil penyelesaian perhitungan diagram pengisian elektron di atas, penyelesaian perhitungan konfigurasi elektron dalam aturan asas Kaidah Hund tidak mengalami pemindahan arah spin ke dalam orbital subkulit berbeda. Hal ini dikarenakan elektron tidak menempati atau melewati subkulit *d*.

Tampilan pada gambar 9 di atas merupakan hasil perhitungan dari aplikasi aturan asas Kaidah Hund dalam diagram pengisian orbital. Pada tampilan tersebut pengisian elektron dalam diagram orbital tetap dan menampilkan hasil perhitungan sebagai berikut :

- a. Penulisan Konfigurasi Elektron
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

Penulisan konfigurasi elektron ini dilakukan dengan menggunakan bilangan subkulit dari energi tingkat rendah ke energi tingkat tinggi yang terdapat pada diagram pengisian elektron dalam orbital.

- b. Penulisan Konfigurasi Elektron Gas Mulia
 $[Ar] 4s^2$

Penulisan konfigurasi elektron gas mulia dilakukan dengan cara menyederhanakan bilangan subkulit dalam singkatan bilangan lambang gas mulia. Berikut ini adalah tampilan hasil perhitungan dari aplikasi dengan menampilkan penulisan konfigurasi elektron gas mulia pada form diagram pengisian elektron.

- c. Penentuan Unsur

Periode : 4

Golongan: II A

Penentuan unsur dapat ditentukan apabila periode dan golongan unsur telah diketahui. Periode didapat dari bilangan *n* terbesar yaitu 4. Golongan didapat dari penambahan elektron valensi terluar yaitu $4s^2 = \text{II A}$. Sehingga didapat unsur Ca dalam tabel sistem periodik unsur. Berikut ini adalah tampilan hasil perhitungan dari aplikasi dengan menampilkan penulisan konfigurasi elektron periode dan golongan pada *form* diagram pengisian elektron.

Gambar 10. Tampilan Menu Sistem Periodik Unsur

Berdasarkan bilangan periode dan golongan yang telah diketahui aplikasi maka aplikasi akan dapat menunjukkan suatu unsur yang memiliki nomor atom, periode dan golongan yang sama sesuai dengan perhitungan konfigurasi elektron yang dikerjakan aplikasi. Unsur ini dapat di lihat pengguna pada *form* sistem periodik unsur. berikut ini tampilan sistem periodik unsur dengan menunjukkan letak unsur yang memiliki nomor atom 20, periode 4 dan golongan II A

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan perancangan dari aplikasi hitung konfigurasi elektron dalam sistem periodik unsur kimia dan pembahasan-pembahasan yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka penulis menarik beberapa kesimpulan, antara lain:

- a. Perhitungan konfigurasi elektron dapat diimplementasikan ke dalam sebuah perancangan aplikasi hitung konfigurasi elektron dalam sistem periodik unsur kimia dengan menggunakan tiga aturan yang ditetapkan oleh para ahli kimia yaitu aturan Asas Aufbau, Asas Larangan Pauli dan Kaidah Hund. Pada setiap aturan yang dikemukakan oleh para ahli kimia memiliki ketetapan yang harus dipenuhi pada setiap langkah penyelesaian dalam perhitungan konfigurasi elektron. Apabila salah satu ketetapan tidak dipenuhi maka akan terjadi kesalahan dalam perhitungan. Aplikasi ini dapat membantu pengerjaan perhitungan konfigurasi elektron untuk menemukan hasil yang tepat dan akurat sehingga dapat meminimalisir terjadinya kesalahan perhitungan dan pengecekan kembali pada setiap langkah pengerjaan yang ditetapkan oleh para ahli pada saat melakukan perhitungan secara manual.
- b. Aplikasi hitung konfigurasi elektron dalam sistem periodik unsur kimia ini dapat digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan pengerjaan perhitungan konfigurasi elektron yang dilakukan secara manual karena aplikasi memberikan hasil perhitungan yang sesuai menurut aturan para ahli kimia yang memiliki hubungan dengan tabel periodik unsur dengan menemukan hasil jumlah periode dan golongan untuk mendapatkan hasil letak suatu unsur dalam tabel sistem periodik unsur yang tepat dan akurat.

5. SARAN

Setelah melakukan perancangan pada aplikasi hitung konfigurasi elektron dalam sistem periodik unsur kimia, penulis menyadari bahwa aplikasi yang dirancang belum sempurna. Dengan ini penulis berharap ke depannya pembaca atau programmer lain dapat mengembangkan aplikasi ini. Karena itu penulis memberikan saran-saran yang diharapkan dapat bermanfaat bagi pembaca lainnya, yaitu:

- a. Aplikasi yang dibuat oleh penulis hanya tersedia di sistem komputer. Penulis berharap agar aplikasi ini juga dikembangkan di halaman web atau aplikasi Android.
- b. Perhitungan konfigurasi elektron pada aplikasi ini hanya dapat digunakan dengan nomor atom yang dibatasi dari 1 sampai 103 dari 118 unsur yang ada di dalam tabel periodik unsur. Penulis berharap kedepannya perhitungan aplikasi dapat dikembangkan apabila ada penemuan baru untuk konfigurasi elektron unsur kimia yang belum ada maupun yang sudah ada.
- c. Aplikasi dapat lebih dikembangkan dengan menambahkan penyediaan materi pembelajaran yang digunakan dalam perhitungan konfigurasi elektron yaitu aturan Asas Aufbau, Asas Larangan Pauli dan Kaidah Hund.
- d. Aplikasi dapat lebih dikembangkan dengan menambahkan penyediaan perhitungan konfigurasi elektron dalam diagram konfigurasi elektron dengan menghasilkan perhitungan bilangan kuantum yang dikemukakan oleh para ahli kimia.
- e. Aplikasi dapat dikembangkan lebih jauh dengan penyediaan perhitungan konfigurasi elektron dengan mencantumkan konfigurasi elektron ion positif dan ion negatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan berupa bimbingan, petunjuk, data, saran maupun dorongan moral dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada civitas akademika STMIK Widya Dharma Pontianak, kepada keluarga, beserta teman tercinta yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan selama penulis menjalani studi hingga selesainya penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anhar. (2010). *Cara Mudah Mengamankan Data Komputer & Laptop*. Mediakita. Jakarta.
- [2] Noersongko, Edi, dan Pulung N Andono. (2010). *Mengenal Dunia Komputer*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta
- [3] Irwansyah, Edy, dan Jurike V Moniaga. (2014). *Pengantar Teknologi Informasi*. Deepublish. Yogyakarta.

- [4] Sutarto, Rachmad Hakim. (2010). *Buku Pintar Windows 7*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- [5] Yasin, Verdi. (2012). *Rekayasa Perangkat Lunak Berorientasi Objek-Pemodelan, Arsitektur, dan Perancangan (Modeling, Architecture and Design)*. Mitra Wacana Media. Jakarta.
- [6] Vogel, Oliver. Ingo Arnold, Arif Chughtai, dan Timo Kehrer. (2011). *Software Architecture: A Comprehensive Framework and Guide for Practitioners*. Springer Science & Business Media. Berlin.
- [7] Utama, Ditdit Nugeraha. (2017). *Sistem Penunjang Keputusan: Filosofi, Teori dan Implementasi*. Garudhawaca. Yogyakarta.
- [8] Hayadi, B. Hermawan. (2016). *Sistem Pakar: Penyelesaian Kasus Menentukan Minat Baca, Kecenderungan, dan Karakter Siswa dengan Metode Forward Chaining*. Deepublish. Yogyakarta.
- [9] Tan, Kim H. (2011). *Principles of Soil Chemistry: Fourth Edition*. Taylor and Francis Group. United Florida.
- [10] Trimm, Harold H. (2011). *Inorganic Chemistry: Reactions, Structure and Mechanisms*. Apple Academic Press. Oakville.
- [11] Hogg, John L., (2014). *CHEM2: Chemistry in Your World*. Cengage Learning. Connecticut.
- [12] Nuryanto. (2015). *Cara Cepat & Mudah Taklukkan KIMIA SMA*. Indonesia Tera. Yogyakarta.
- [13] Rahman, Mohammad Riva., Abdullah Syuaib, dan Laila Humairoh. (2011). *Sukses SNMPTN 2011: KIMIA*. Kaifa PT Mizan Pustaka. Bandung.
- [14] Komarudin, Omang. (2015). *Big Book Kimia Kelas 1,2 & 3*. Cmedia Imprint Kawan Pustaka. Jakarta.
- [15] Johari, J. M. C. dan Rachmawati. (2016). *ESPS Kimia untuk SMA/MA Kelas X*. Erlangga. Jakarta.
- [16] Sartono. (2014). *Rangkuman Ilmu Alam Super Lengkap: Cara pintar kuasai materi FISIKA, KIMIA, dan BIOLOGI*. Panda Media. Jakarta.
- [17] Parming, Tofan, dan Horale. (2010). *Patas Kimia SMA*. Puspa Swara. Jakarta.
- [18] Nugroho, Adi. (2010). *Rekayasa Perangkat Lunak Berorientasi Objek dengan Metode USDP*. Andi. Yogyakarta.
- [19] Hidayatullah, Priyanto. (2015). *Visual Basic.Net: Membuat Aplikasi Database dan Program Kreatif*. Bandung: Informatika.
- [20] Mauluddin, Amras. (November 2011). "Aplikasi Web Browser Menggunakan Metode URL (*Universal Resource Locator*) pada Sistem Operasi Window." *Jurnal Informasi*. Vol. 4, no. 2 : hal. 41-52.
- [21] Marjuki, Bramantiyo. (2014). *Sistem Informasi Geografi Menggunakan QGIS 2.0.1 Dufour*. Andi Publisher. Jakarta
- [22] Zaki, Ali., dan SmitDev Community. (2014). *AJAX untuk Pemula: Asynchronous JavaScript and XML*. Elex Media Komputindo. Jakarta.