

## Implementasi Fulltext Indexing pada Dokumen Elektronik dengan Algoritma B-Tree

Diken Pradana Putra<sup>1</sup>, Eko Darwiyanto<sup>2</sup>, Alfian Akbar Gozali<sup>3</sup>  
Program Studi Teknik Informatika Telkom University, Bandung

[diken.pp@gmail.com](mailto:diken.pp@gmail.com) [ekodarwiyanto@telkomuniversity.ac.id](mailto:ekodarwiyanto@telkomuniversity.ac.id) [alfian@tass.telkomuniversity.ac.id](mailto:alfian@tass.telkomuniversity.ac.id)

---

### Abstrak

Dokumen merupakan sumber informasi yang mengandung fakta penting dari suatu kejadian atau keadaan tertentu dan dokumen tersebut menjadi suatu informasi penting bagi suatu instansi. Penggunaan dokumen elektronik sudah menggeser penggunaan dokumen konvensional yang memakai kertas sebagai bentuk fisiknya. Pengelolaan dokumen elektronik dapat dilakukan dengan menyimpannya pada media penyimpanan offline (media magnetik dan media optik) maupun online (database online dan cloud storage) yang mana keduanya memiliki fungsi indexing sebagai metode pengelolaannya. Salah satu metode indexing untuk meng-index teks biasa agar mengurangi kapasitas pemakaian storage dan meningkatkan kinerja searching adalah Fulltext Indexing. Dalam Fulltext Indexing indeks disimpan dalam struktur Balance Search Tree (B-Tree), dimana struktur penyimpanan database ini memudahkan Indexing dan Searching dokumen. Hasil penelitian Tugas Akhir ini adalah pengimplementasian Fulltext Indexing dan struktur B-Tree membuat sistem pengelolaan dokumen elektronik menjadi lebih cepat 0,3 kali dibandingkan tanpa pengimplementasian kedua metode tersebut dengan perbandingan jumlah kata ter-index dengan jumlah kata dari jumlah dokumen yang ditentukan adalah 1:8,6.

Kata Kunci : Dokumen Elektronik, Fulltext Indexing, B-Tree

---

### Abstract

Document is an information source that contains important facts of a certain event or situation and the document became an important information for an institution. The use of electronic documents has shifted the use of conventional physical documents that put on paper. Electronic document management can be done by saving them in offline storage media (magnetic media and optical media) or online (online database, and cloud storage) which both have the function of indexing as a method of management. One of the indexing methods to index plain text in order to reduce the use of storage capacity and improve the performance of searching is Fulltext Indexing. Index in Fulltext Indexing is stored in the structure of the Balance of Search Tree (B-Tree), which is the database storage structure that makes it easier for searching and indexing documents. The output generated from research in this final project is by implementing Fulltext Indexing and B-Tree structure makes electronic document management system 0,3 faster than without the implementation of these methods with the comparison of the indexed word with the total words from the amount of the determined documents is 1:8,6.

Keyword : electronic document, Fulltext Indexing, B-Tree

---

### 1. Pendahuluan

Dokumen adalah sumber informasi yang mengandung fakta penting dan terekam pada media tertentu seperti dokumen atau surat penting dan memiliki fungsi tertentu bagi suatu instansi.. Penggunaan pengolahan manual dokumen konvensional membutuhkan ruang penyimpanan dokumen dengan kapasitas yang besar sedangkan dokumen yang keluar masuk selalu bertambah. Semakin banyak dokumen maka akan semakin sulit pengelolaannya karena terbatasnya kapasitas ruang dokumen dan kemampuan individu dalam melakukan pencarian dokumen yang menyebabkan dokumen menjadi tidak teratur, sulit untuk dicari, dan membutuhkan waktu lama untuk menemukan suatu dokumen. Untuk alasan ini, banyak organisasi mencoba untuk meningkatkan penanganan dokumen dengan menggunakan penerapan aplikasi teknologi informasi [16] Fungsi dasar pengolahan adalah mengubah dokumen dan menyimpan dokumen dalam suatu

tempat yang aman dan dengan suatu cara yang memungkinkan penemuan dokumen tertentu dengan cepat. Sehingga sistem pengolahan dokumen dalam bentuk dokumen elektronik akan meningkatkan efisien dan standar manajemen dokumen dibandingkan pengolahan secara manual [18]. Dokumen elektronik meliputi dokumen baik teks, grafik, atau spreadsheets yang dihasilkan oleh software dan disimpan pada media magnetik (disk) atau media optik (CD, DVD) serta surat elektronik (e-mail) atau dokumen yang dikirim melalui Electronic Data Interchange [13]. Oleh karena itu, dokumen elektronik dipilih menjadi material yang digunakan dalam tugas akhir ini.

Pengelolaan dokumen elektronik dapat dilakukan dengan menyimpannya pada media penyimpanan offline (media magnetik dan media optik) maupun online (database online dan cloud storage) yang mana keduanya memiliki fungsi indexing sebagai metode pengelolaannya [1]. Terdapat banyak metode indexing yang biasa dipakai, seperti

Inverted Index, Suffix Tree, atau Ngram Index. Salah metode indexing yang bisa meng-index teks biasa untuk mengurangi kapasitas pemakaian storage dan meningkatkan kinerja searching adalah Fulltext Indexing [9]. Fulltext Indexing merupakan metode pengelolaan pengindeksan dokumen elektronik dengan proses pengindeksan yang dilakukan dengan membaca halaman yang di-scan kemudian mengindeks setiap kata dan meletakkannya pada lokasinya, yang akan mengurangi biaya proses pengindeksan dan meningkatkan kemampuan pencarian dokumen berdasarkan kata atau frase [6]. Fulltext indexing adalah teknik pencatatan atau penyimpanan dokumen di dalam tabel database dan dokumen disimpan dalam struktur Balance Search Tree (B-Tree), dimana struktur penyimpanan database ini memudahkan penelusuran dokumen [17]. Selain struktur B-Tree terdapat pula struktur B<sup>+</sup>-Tree, k-d-tree, k-d-B-tree, atau hB-tree, dimana dibandingkan struktur yang lain B-Tree adalah struktur pengindeksan data yang cepat dan mengatur indeks ke dalam satu set multi-level node, di mana setiap node berisi data ter-index yang memungkinkannya untuk menyimpan banyak informasi di dalamnya serta memiliki tinggi leaf yang sama untuk setiap node yang ada.[11]. Oleh karena itu, metode Fulltext Indexing dengan menggunakan algoritma struktur data B-Tree dalam pengelolaan database yang dipilih dalam implementasi Tugas Akhir ini.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Dokumen Elektronik

Dokumen elektronik adalah segala bentuk informasi yang membutuhkan komputer atau alat elektronik lain untuk menampilkan, mengartikan, dan memproses dokumen tersebut [16].

Dokumen elektronik muncul sebagai hasil perkembangan teknologi electronic display sehingga dokumen dapat dilihat pada layar komputer daripada harus mencetak dokumen, dimana hal tersebut lebih menghemat penggunaan kertas dan kapasitas ruang penyimpanan. Dokumen dalam era teknologi digital semuanya disimpan sebagai string bit, sehingga bentuk fisik biasa dari dokumen (kertas atau microfilm) tidak lagi berperan penuh membantu dalam pengelolaan dokumen karena keunikan dari suatu dokumen dalam bentuk fisik menjadi lebih berkurang [10].

### 2.2 Indexing

Proses Indexing adalah proses pembuatan struktur data untuk mempercepat proses retrieval yang dibuat dari bagian suatu data. Tujuan dari penyimpanan index adalah untuk mengoptimalkan kecepatan dan kinerja dari sistem dalam melakukan pencarian data [1]. Saat tidak menggunakan index pencarian akan dilakukan dengan memindai setiap data yang ada dan akan membutuhkan waktu yang cukup lama dan

resource yang banyak. Terdapat beberapa metode indexing yang sering digunakan pada database, berikut ini adalah contohnya [14] :

1. Suffix Tree : indeks yang hanya menyimpan akhiran dari setiap kata pada data
2. Inverted Index : indeks dari semua kemunculan bagian dari data
3. Ngram Index : indeks yang menyimpan panjang suatu sequence dari suatu data untuk keperluan text retrieval atau text mining
4. Fulltext Index : indeks dari setiap kemunculan kata dari suatu data

#### 2.2.1 Fulltext Indexing

Fulltext Indexing adalah metode information retrieval di mana user dapat mencari informasi menggunakan kata-kata dari dokumen asli sebagai search key dengan menjadikan kata sebagai index [17]. Saat dokumen baru masuk ke dalam database, secara otomatis memicu transaksi insertion kata-kata bersama-sama dengan informasi di dalamnya ke dalam index [6]. Ide utama dari Fulltext Indexing adalah untuk mengambil dokumen berdasarkan kemiripan konten dokumen [5]. Fulltext indexing dirancang untuk meng-index teks polos untuk mengurangi kapasitas penyimpanan tetapnya, serta untuk meningkatkan kinerja pencarian [9].

Berikut ini adalah beberapa metode yang biasa digunakan untuk menerapkan Fulltext indexing [17] :

- a. fulltext scanning, yaitu dengan melakukan sequential scan melalui database
- b. inversion of terms. Idenya adalah mendaftar kata-kata yang muncul dokumen.
- c. signature files. Idenya adalah untuk menghitung hash function dari setiap kata dalam dokumen dan bersama dengan signature dari setiap kata.

#### 2.2 Balanced Search Tree (B-Tree)

B-Tree merupakan suatu struktur data yang digunakan untuk melakukan indexing dalam database [11]. B-Tree memiliki teknik pencarian 'Multiway Search Tree' yg dapat meminimalkan jumlah akses ke disk. B-Tree memiliki kelebihan yaitu dapat menampung banyak data pada setiap node-nya serta struktur data pohon yang memiliki tinggi setiap daunnya yang sama [8]. Pada perkembangannya, B-Tree diterapkan dalam berbagai kasus pengelolaan basis data dan bentuk B-Tree dikembangkan menjadi berbagai variasi. B-Tree digunakan pada pengelolaan data dari database (basis data), yaitu dengan memberikan indeks pada data secara teratur dan terurut. Dimana pemberian indeks pada data membuat proses menambah, menghapus, atau memperbarui

(update) suatu data menjadi mudah dan cepat. [7] [11].

B-Tree diciptakan oleh Rudolf Bayer dan Ed McCreight pada tahun 1972 [4] [15]. B-Tree dibuat untuk memungkinkan suatu tree memiliki node yang menyimpan banyak data, dengan jumlah sub-tree yang banyak pula. Karena hal tersebutlah B-Tree tepat digunakan untuk mengelola data pada disk. B-Tree dapat digunakan pada situasi dimana sebagian atau semua bagian dari pohon harus disimpan dalam secondary storage karena B-Tree bisa meminimalisasi jumlah akses ke disk. [2] [3]

B-Tree adalah generalisasi dari Binary Search Tree dimana lebih dari dua path menyatu dalam satu node. Sebuah B-Tree dengan order  $m$  memiliki karakteristik sebagai berikut [4] [11]:

- Setiap leaf node (simpul daun) memiliki kedalaman yang sama.
- Sebuah node (leaf atau index)  $x$  memiliki nilai  $x.num$  sebagai jumlah objek yang disimpan dalam  $x$ . Key dan nilai dari objek ke- $i$  ( $1 \leq i \leq x.num$ ) direpresentasikan sebagai  $x.key(i)$  dan  $x.value(i)$
- Sebuah index node  $x$ , menyimpan objek  $x.num$  dan menyimpan  $x.num + 1$  pointer anak. Dimana setiap pointer anak adalah pageid dari node anak yang sesuai. Pointer anak ke- $i$  dilambangkan sebagai  $x.child(i)$  dengan rentang key ( $x.key(i-1), x.key(i)$ ). Ini berarti bahwa dalam sub-tree ke- $i$ , key harus lebih besar dari  $x.key(i-1)$  dan lebih kecil dari  $x.key(i)$ . Misalnya, suatu sub-tree yang direferensikan oleh  $x.child(1)$ , maka key lebih kecil dari  $x.key(1)$  dan di sub-tree yang direferensikan oleh  $x.child(2)$ , key ada di antara  $x.key(1)$  dan  $x.key(2)$ , dan seterusnya.
- Setiap node kecuali root minimal harus setengah penuh. Artinya, misalkan sebuah index node dapat menyimpan hingga  $2m$  anak pointer, maka setiap index node kecuali root harus memiliki minimal  $m$  pointer anak.
- Jika root adalah index node, maka root harus memiliki setidaknya dua anak
- Semua node internal kecuali root memiliki paling banyak  $m$  anak yang tidak kosong, dan paling sedikit  $m/2$  anak yang tidak kosong

B-Tree memiliki operasi construct, insertion, deletion, dan search [7] [8] [11]. Berikut ini adalah operasi yang ada pada B-Tree [2] [4] [11]:

Search, untuk melakukan pencarian data menggunakan indeks, maka terlebih dahulu mencari nilai pada node yang lebih besar dari nilai yang diinginkan. Setelah ditemukan maka penunjuk (pointer) akan menunjukkan nilai sebelumnya, lalu masuk ke anak yang ditunjuk oleh nilai tersebut, dan mengulang langkah tadi sampai nilai ditemukan. Apabila pada suatu node tidak ditemukan nilai yang lebih besar dari nilai

yang dicari maka pointer akan mengikuti node yang ditunjuk oleh nilai terbesar dari node tersebut.

Insert, untuk melakukan perintah insert, sebelumnya harus dilakukan perintah search terlebih dahulu untuk menentukan dimana data akan diletakkan. Bila node belum penuh maka perintah insert dapat langsung dilakukan, akan tetapi jika node telah penuh maka node harus dipecah terlebih dahulu untuk membuat node baru dan memasukkan anak baru dari node tersebut. Dan bila ternyata node induk dari node yang akan dipecah penuh, maka node induk harus dipecah terlebih dahulu. Perintah terus diulang sampai node tidak penuh.

Delete, dalam melakukan perintah delete, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan. Jika penghapusan dapat mengurangi nilai key dari suatu node dan nilainya menjadi di bawah minimal key, maka harus dilakukan penyesuaian seperti pengurangan tinggi pohon.

Create / Construct, untuk perintah create akan membuat node yang kosong. Pembuatan dilakukan dengan mengalokasikan sebuah akar baru dengan nilai key kosong dan menjadikannya daun.

## 2.4 Data Evaluation

Untuk mengukur efektivitas dan efisiensi dari sebuah sistem Information Retrieval terdapat beberapa cara yang dapat digunakan. Pada penelitian tugas akhir ini metode yang digunakan adalah Precision dan Recall dimana kedua metode ini adalah standar yang digunakan dalam sistem Information Retrieval untuk mengukur seberapa baik sistem tersebut berjalan [1] [14].

### 2.4.1 Precision

Precision digunakan untuk mengukur seberapa relevan suatu dokumen yang terambil dibandingkan dengan seluruh dokumen yang terambil, dimana terdapat pula dokumen yang tidak relevan terhadap suatu query pencarian. Berikut ini adalah rumus perhitungan Precision :

$$Precision = \frac{\sum \text{dokumen relevan yang terambil}}{\sum \text{seluruh dokumen yang terambil}}$$

### 2.4.2 Recall

Recall digunakan untuk mengukur kelengkapan suatu dokumen relevan yang terambil dari database dokumen terhadap suatu query pencarian. Recall diukur karena tidak semua dokumen yang relevan terhadap query dapat terambil. Berikut ini adalah rumus perhitungan Recall :

$$Recall = \frac{\sum \text{dokumen relevan yang terambil}}{\sum \text{seluruh dokumen relevan}}$$

Berikut ini adalah Tabel Evaluasi pada proses retrieval suatu dokumen :

Tabel 1 Tabel Evaluasi

| dokumen                  |                                 |                          |                                |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| relevan                  |                                 | tidak relevan            |                                |
| terambil (true positive) | tidak terambil (false negative) | terambil (false positif) | tidak terambil (true negative) |

Nilai Precision dan Recall juga dapat dihitung dengan :

$$Precision = \frac{tp}{(tp+fp)}$$

$$Recall = \frac{tp}{(tp+fn)}$$

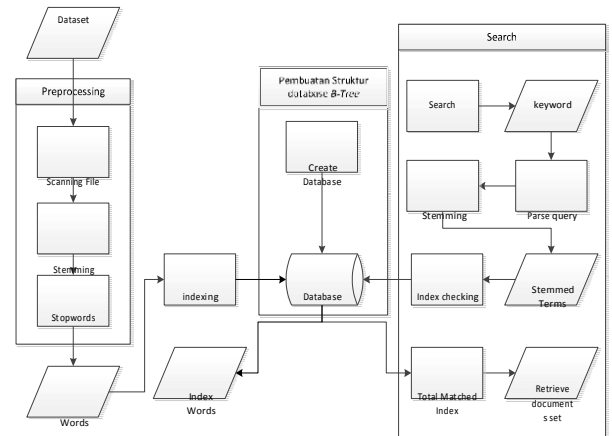
### 2.5 Execution Time

Execution time adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk melakukan eksekusi atau menjalankan tugas, berbeda dengan fase lain dari siklus hidup suatu sistem seperti compile time (waktu kompilasi), link time (waktu link), load time (waktu buka). Execution Time dihitung dari semua waktu yang dikonsumsi oleh run-time layanan atas nama sistem tersebut pada CPU [1] [14]. Berikut ini adalah Execution Time yang digunakan dalam Tugas Akhir ini :

- a) Waktu pembuatan indeks (indexing)  
Waktu yang dibutuhkan sistem untuk melakukan proses pembuatan indeks, mulai dari proses preprocessing sampai indeks di database terbentuk
- b) Waktu pencarian (searching)  
Waktu yang dibutuhkan sistem untuk melakukan proses pencarian, mulai dari proses pencarian pada database indeks sampai memunculkan hasil document set dari keyword masukan pada searching

### 3. Perancangan dan Implementasi

#### 3.1 Alur Proses sistem



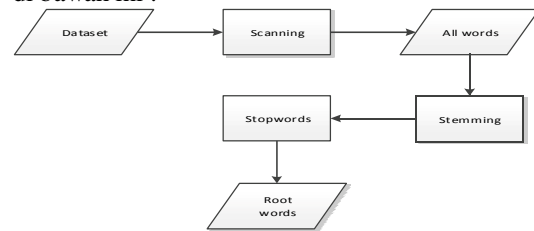
Gambar 1 Alur Proses Sistem

#### 3.1.1 Dataset

Dataset berupa artikel dari Republika Online (www.republika.co.id) tanggal 1 Mei 2014 dan 2 Mei 2014 sebanyak 300 artikel yang telah diubah dan disimpan ke format dokumen Notepad Plain Text (\*.txt).

#### 3.1.2 Preprocessing

Tahapan preprocessing akan digambarkan seperti di bawah ini :



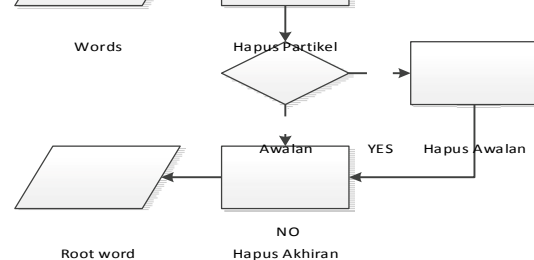
Gambar 2 Alur Preprocessing

#### 3.1.2.1 Scanning

Scanning merupakan tahap preprocessing yang dimulai dari mengambil setiap kata yang ada pada dataset, dalam hal ini adalah dokumen dengan format Notepad Plain Text (\*.txt) yang berisi kumpulan kata dari artikel Republika Online untuk nantinya akan dilanjutkan dengan proses stemming dan stopwords.

#### 3.1.2.2 Stemming

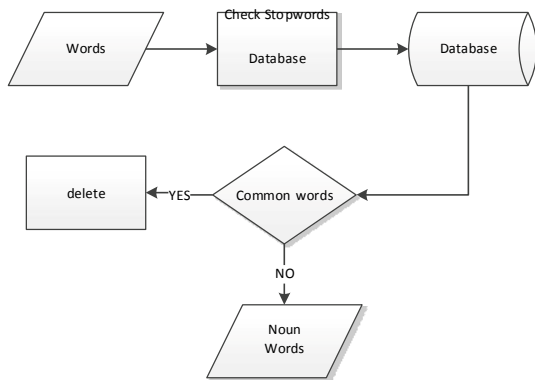
Stemming merupakan proses mengubah suatu kata bentukan menjadi kata dasar (root word) dengan menghapus awalan atau akhiran dari suatu kata bentukan. Tahap proses Stemming dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3 Alur Proses Stemming

3.1.2.3 Stopwords

Stopwords merupakan proses pada preprocessing dimana dilakukan penghapusan kata-kata selain kata kerja dan kata benda yang sering ditampilkan dalam dokumen. Proses penghapusan dilakukan dengan mengecek database dari kata stopwords, apakah termasuk kata kerja dan kata benda atau bukan kedua jenis kata tersebut. Tahap proses Stopwords dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4 Alur Proses Stopwords

3.1.3 Pembuatan Struktur Database B-Tree

Pada tahapan ini dibuat struktur database B-Tree yang digunakan untuk menyimpan index dari kata

hasil proses preprocessing. Pembuatan dilakukan dengan mengalokasikan sebuah akar baru dengan nilai key kosong dan menjadikannya daun. Berikut ini adalah notasi algoritma untuk membuat database B-Tree :

```

x <- Allocate-Node()
leaf[x] <- TRUE
n[x] <- 0
Disk-Write(x)
root[T] <- x
  
```

Gambar 5 Notasi Algoritma Create B-Tree

Setelah database B-Tree sudah dibuat, maka dilakukan Insertion dari kata hasil proses preprocessing yang nanti menjadi index untuk proses pencarian.

3.1.4 Search menggunakan Metode Fulltext Indexing

Setelah database B-Tree sudah dibuat, maka dilakukan Insertion dari kata hasil proses preprocessing yang nanti menjadi index untuk proses pencarian. Proses pertama dari search adalah memasukkan keyword yang kemudian dijadikan sebagai query yang akan digunakan untuk pencarian di database. Kemudian dilakukan stemming terhadap keyword yang dimasukkan sehingga didapatkan stemmed term untuk di cek apakah index dari kata tersebut ada atau tidak pada database. Jumlah index pada database yang sesuai (total matched index) dengan masukan keyword akan digunakan untuk memunculkan document set berdasarkan total matched index terbanyak dan dengan total frekuensi kemunculan index dalam dokumen elektronik.

3.2 Implementasi

3.2.1 Pengumpulan Data

Dalam Tugas Akhir ini dataset yang digunakan sebagai input dalam sistem ini adalah :

- 1) Artikel sampling secara acak dari Republika Online ([www.republika.co.id](http://www.republika.co.id)) tanggal 1 Mei 2014 dan 2 Mei 2014
- 2) Dataset berjumlah 300 artikel
- 3) Artikel telah diubah dan disimpan ke format dokumen Notepad Plain Text (\*.txt) dengan isi dokumen menggunakan Bahasa Indonesia.

3.2.2 Implementasi Preprocessing

Pada bagian ini akan diberikan satu contoh yang memaparkan bagaimana proses preprocessing secara sederhana.

- 1) dokumen elektronik (dengan format file \*.txt), dengan nama dokumen : “budi dan bapak budi.txt” dan isi dokumen adalah : Budi dan bapaknya pergi ke pasar membeli sepeda baru.
- 2) Scanning words (kata-kata) pada dokumen menggunakan fungsi php pada web
- 3) Didapatkan list kata hasil scanning sebagai berikut :

- |             |          |            |
|-------------|----------|------------|
| 1. budi     | 4. pergi | 7. membeli |
| 2. dan      | 5. ke    | 8. sepeda  |
| 3. bapaknya | 6. pasar | 9. baru    |

- 4) List kata setelah proses stopwords adalah sebagai berikut :

- |            |           |
|------------|-----------|
| 1.budi     | 4.pasar   |
| 2.bapaknya | 5.membeli |
| 3.pergi    | 6.sepeda  |

- 5) List kata setelah proses stemming adalah sebagai berikut :

- |         |          |
|---------|----------|
| 1.budi  | 4.pasar  |
| 2.bapak | 5.beli   |
| 3.pergi | 6.sepeda |

- 6) Kata akan disimpan di database pada tabel Word

Tabel 2 Tabel word pada Database

| word   | word_id | word_count | doc_id |
|--------|---------|------------|--------|
| budi   | 1       | 1          | 0      |
| bapak  | 2       | 1          | 0      |
| pergi  | 3       | 1          | 0      |
| pasar  | 4       | 1          | 0      |
| beli   | 5       | 1          | 0      |
| sepeda | 6       | 1          | 0      |

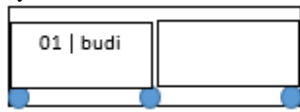
3.2.3 Implementasi Struktur Database B-Tree  
Berikut ini adalah contoh langkah-langkah implementasi struktur database B-Tree dengan order = 3 dan Tree diurutkan berdasarkan urutan masuknya :

1. Membuat root B-Tree baru (Create B-Tree)



Gambar 6 Create New B-Tree Root

2. Melakukan insertion kata hasil preprocessing ke database
3. Insert key for "budi"



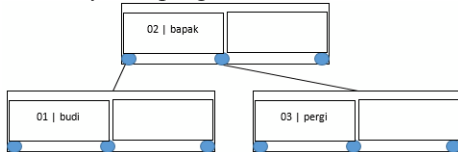
Gambar 7 Insertion word 1

4. Insert key for "bapak"



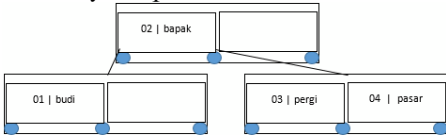
Gambar 8 Insertion word 2

5. Insert key for "pergi"



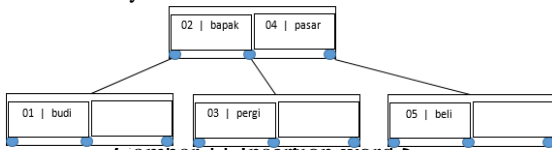
Gambar 9 Insertion word 3

6. Insert key for "pasar"



Gambar 10 Insertion word 4

7. Insert key for "beli"



Gambar 11 Insertion word 5

8. Insert key for "sepeda"



Gambar 12 Insertion word 6

#### 4 Pengujian dan Analisis

##### 4.1 Skenario Pengujian

1. Pengujian terhadap performansi kecepatan proses indexing
2. Pengujian terhadap performansi keakuratan keluaran dan kecepatan sistem pada proses searching dari suatu masukan keyword pencarian
3. Perbandingan performansi perbandingan efisiensi hasil proses indexing antara sistem yang menggunakan dan sistem tanpa menggunakan metode Fulltext Indexing maupun Algoritma struktur data B-Tree

##### 4.2 Skenario 1

Pada skenario 1 ini dilakukan pengujian terhadap performansi kecepatan proses indexing dari

sistem. Jumlah dokumen yang digunakan pada skenario 1 ini adalah 50 dokumen, 100 dokumen, 150 dokumen, 200 dokumen, 250 dokumen, dan 300 dokumen.

4.2.1 Hasil Pengujian dan Analisis Skenario 1 Berikut ini adalah hasil pengujian dari skenario 1 yang dijelaskan pada tabel berikut ini :

Tabel 3 Tabel Hasil Skenario 2

| jumlah dokumen | jumlah words | jumlah words ter-index | waktu pembuatan index (detik) | waktu pembuatan index (menit) |
|----------------|--------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 50             | 12205        | 2094                   | 369.5136                      | 6.1586                        |
| 100            | 23033        | 3432                   | 605.6211                      | 10.0937                       |
| 150            | 34376        | 4230                   | 746.4386                      | 12.4406                       |
| 200            | 46634        | 5073                   | 895.1969                      | 14.9199                       |
| 250            | 59456        | 5777                   | 1019.4269                     | 16.9904                       |
| 300            | 71265        | 6355                   | 1121.4226                     | 18.6904                       |
| Rata-rata      | 41162        | 4493.5000              | 792.9366                      | 13.2156                       |

Dari tabel tersebut terlihat bahwa dari setiap jumlah dokumen yang di-index dengan jumlah word yang tersebut dalam tabel menghasilkan jumlah word ter-index yang rata-rata perbandingannya adalah 1 : 8,6 dimana 1 untuk jumlah words yang ter-index dan 8,6 untuk jumlah total words dari suatu kumpulan dokumen.

##### 4.3 Skenario 2

Pada skenario 2 ini dilakukan pengujian terhadap performansi keakuratan keluaran dan kecepatan sistem pada proses searching dari suatu masukan keyword pencarian. Jumlah dokumen yang digunakan berjumlah 300 dokumen yang telah di-index dengan total word sebanyak 71265 dan jumlah masukan keyword pencarian sebanyak 12 buah.

4.3.1 Hasil Pengujian dan Analisis Skenario 2 Berikut ini adalah hasil pengujian dari skenario 2 yang dijelaskan pada tabel berikut ini :

Tabel 4 Tabel Hasil Skenario 2

| jumlah keyword | Precision | Recall | waktu pencarian (detik) |
|----------------|-----------|--------|-------------------------|
| 1              | 1         | 1      | 0.0100                  |
| 1              | 1         | 1      | 0.0097                  |
| 1              | 1         | 1      | 0.0098                  |
| 2              | 0.75      | 1      | 0.0186                  |
| 2              | 0.6667    | 1      | 0.0145                  |
| 2              | 0.5714    | 1      | 0.0150                  |
| 3              | 1         | 1      | 0.0142                  |
| 3              | 0.25      | 1      | 0.0153                  |
| 3              | 0.2222    | 1      | 0.0141                  |
| 4              | 0.1428    | 1      | 0.0140                  |
| 4              | 0         | 0      | 0.0092                  |
| 4              | 0.08333   | 1      | 0.0157                  |

Tabel 4 menunjukkan nilai Precision, Recall dan, Execution Time terhadap query atau keyword pencarian. Nilai tersebut diperoleh dari pengujian dengan dataset dokumen yang memiliki korelevansi acak dengan keyword. Dari Tabel 4 nilai Precision paling baik adalah 1 dengan waktu pencarian 0,0097 detik saat jumlah keyword pencarian 1. Saat jumlah keyword 2 hasil Precision paling baik adalah 0,75 dengan waktu pencarian 0,0186 detik. Saat jumlah keyword 3 hasil Precision paling baik adalah 0,25 dengan waktu pencarian 0,0153 detik sedangkan untuk jumlah keyword 4 hasil Precision paling baik adalah 0,1428 dengan waktu pencarian 0,0140 detik. Nilai Precision dan Recall yang kecil disebabkan oleh sedikitnya dokumen relevan yang ada karena dataset sebanyak 300 dokumen di-sampling secara acak sehingga memiliki konten relevansi yang acak. Dimana kondisi saat jumlah keyword lebih dari 2 rata-rata hanya memiliki 1 sampai 2 dokumen yang relevan.

Skenario 3

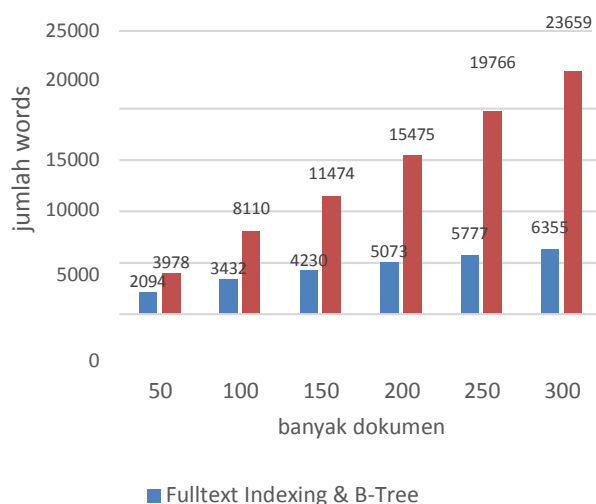
Pada skenario 3 ini dilakukan perbandingan efisiensi hasil proses indexing antara sistem yang menggunakan dan sistem tanpa metode Fulltext Indexing maupun Algoritma struktur data B-Tree dengan jumlah dokumen yang digunakan untuk proses indexing adalah 50 dokumen, 100 dokumen, 150 dokumen, 200 dokumen, 250 dokumen, dan 300 dokumen. Terdapat dua Execution Time pada Skenario 3 ini, yaitu waktu yang dibutuhkan sistem untuk melakukan proses indexing dan waktu saat melakukan proses searching.

4.3.2 Hasil Pengujian dan Analisis Skenario 3

Berikut ini adalah hasil pengujian dari skenario 3 yang dijelaskan pada tabel berikut ini :

Tabel 5 Perbandingan Sistem dengan dan tanpa Fulltext Indexing dan Struktur B-Tree

| jumlah dokumen | Fulltext Indexing & B-Tree | Non Fulltext Indexing & B-Tree | Fulltext Indexing & B-Tree    | Non Fulltext Indexing & B-Tree |
|----------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|                | words                      |                                | waktu pembuatan index (detik) |                                |
| 50             | 2094                       | 3978                           | 369.5136                      | 701.9700                       |
| 100            | 3432                       | 8110                           | 605.6211                      | 1431.115                       |
| 150            | 4230                       | 11474                          | 746.4386                      | 2024.737                       |
| 200            | 5073                       | 15475                          | 895.1969                      | 2730.765                       |
| 250            | 5777                       | 19766                          | 1019.426                      | 3379.598                       |



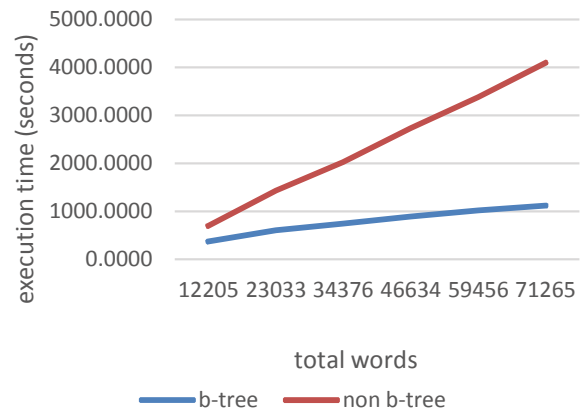
|           |          |            |           |           |
|-----------|----------|------------|-----------|-----------|
| 300       | 6355     | 23659      | 1121.4226 | 4095.1793 |
| Rata-rata | 4493.500 | 13743.6667 | 792.9366  | 2393.894  |

Dari Tabel perbandingan sistem di atas dapat dibentuk grafik :

Gambar 13 Perbandingan Execution Time B-Tree dan Non B-Tree

Gambar 14 Perbandingan Execution Time B-Tree dan Non B-Tree

Gambar 13 merupakan grafik yang menunjukkan jumlah words yang ter-index pada sistem saat menggunakan dan tidak menggunakan Fulltext Indexing maupun struktur B-Tree. Dari grafik di atas terlihat jelas bahwa banyak words yang ter-index saat menggunakan kedua metode tersebut jumlahnya relatif sedikit dengan penambahan yang stabil sedangkan pada sistem yang tidak menggunakan Fulltext Indexing maupun struktur B-Tree jumlahnya banyak dengan penambahan



yang sebanding dengan total words dari berbagai jumlah dokumen yang telah ditentukan. Rata-rata nilai perbandingan jumlah words dari total dokumen yang ditentukan dengan jumlah words yang ter-index antara kedua sistem adalah 8,6 dan

3. Terlihat jelas bahwa untuk sistem tanpa menggunakan Fulltext Indexing maupun struktur B-Tree perbandingannya mencapai 2,9 yang berarti untuk rata-rata 9 kata yang akan ter-index adalah 3 kata. Dimana kondisi semakin banyak words yang masuk index akan semakin lama pula proses indexing-nya seperti yang ditampilkan pada Gambar 14 yang merupakan grafik perbandingan

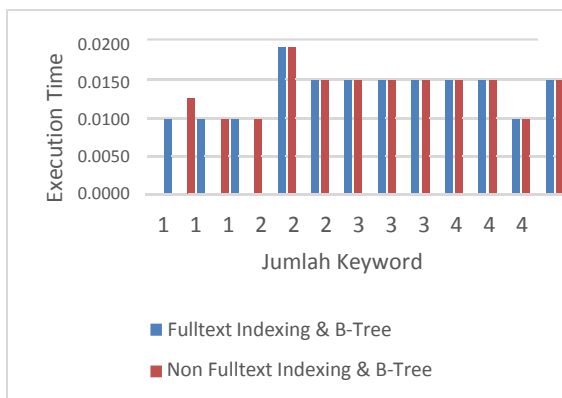
■ Non Fulltext Indexing & B-Tree



lama waktu Execution Time dimana untuk sistem B-Tree kecepatan execution time untuk jumlah word yang sama dengan yang diproses sistem non B-Tree hasilnya adalah lebih cepat. Dan sistem yang menggunakan Fulltext Indexing dan struktur B-Tree hasilnya lebih efisien dalam melakukan indexing yaitu untuk setiap rata-rata 9 kata berbanding dengan 1 kata ter-index sehingga waktu yang dibutuhkan sistem untuk melakukan indexing menjadi lebih cepat

Tabel 6 Perbandingan Precision, Recall, dan Execution Time Searching

| jumlah keyword | Precision                  |                                | Recall                     |                                | waktu pencarian (detik)    |                                |
|----------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
|                | Fulltext Indexing & B-Tree | Non Fulltext Indexing & B-Tree | Fulltext Indexing & B-Tree | Non Fulltext Indexing & B-Tree | Fulltext Indexing & B-Tree | Non Fulltext Indexing & B-Tree |
| 1              | 1.0000                     | 1.0000                         | 1.0000                     | 1.0000                         | 0.0100                     | 0.0124                         |
| 1              | 1.0000                     | 1.0000                         | 1.0000                     | 1.0000                         | 0.0097                     | 0.0095                         |
| 1              | 1.0000                     | 1.0000                         | 1.0000                     | 1.0000                         | 0.0098                     | 0.0097                         |
| 2              | 0.7500                     | 0.7000                         | 1.0000                     | 1.0000                         | 0.0186                     | 0.0190                         |
| 2              | 0.6667                     | 0.6667                         | 1.0000                     | 1.0000                         | 0.0145                     | 0.0145                         |
| 2              | 0.5714                     | 0.4684                         | 1.0000                     | 1.0000                         | 0.0150                     | 0.0154                         |
| 3              | 1.0000                     | 0.8750                         | 1.0000                     | 1.0000                         | 0.0142                     | 0.0142                         |
| 3              | 0.2500                     | 0.2500                         | 1.0000                     | 1.0000                         | 0.0153                     | 0.0153                         |
| 3              | 0.2222                     | 0.2222                         | 1.0000                     | 1.0000                         | 0.0141                     | 0.0144                         |
| 4              | 0.1428                     | 0.1376                         | 1.0000                     | 1.0000                         | 0.0140                     | 0.0140                         |
| 4              | 0.0000                     | 0.0000                         | 0.0000                     | 0.0000                         | 0.0092                     | 0.0096                         |
| 4              | 0.0833                     | 0.0567                         | 1.0000                     | 1.0000                         | 0.0157                     | 0.0159                         |
| Rata           | 0.5572                     | 0.5330                         | 0.9167                     | 0.9167                         | 0.0133                     | 0.0137                         |



Gambar 15 Perbandingan Execution Time Searching

Gambar 15 menunjukkan perbandingan lama Execution Time antara sistem yang menggunakan dan tanpa Fulltext Indexing maupun B-Tree dimana untuk setiap jumlah keyword yang dimasukkan, lama Execution Time kedua sistem berada di bawah 0,02 detik. Untuk sistem yang menggunakan Fulltext Indexing dan B-Tree nilai

Execution Time tercepatnya adalah 0,0092 detik dan yang terlama adalah 0,0186 detik sedangkan untuk sistem yang tidak menggunakan Fulltext Indexing maupun B-Tree nilai Execution Time tercepatnya adalah 0,0095 detik dan yang terlama adalah 0,0190 detik. Dari Gambar 15 dapat disimpulkan bahwa untuk sistem yang menggunakan Fulltext Indexing dan B-Tree memiliki rata-rata nilai Execution Time lebih cepat dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan Fulltext Indexing maupun B-Tree.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh dan analisis yang telah dilakukan dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Lama waktu proses Indexing berbanding lurus dengan jumlah words dari jumlah dokumen elektronik yang ditentukan.
2. Kecepatan proses Indexing dan Searching sistem relatif stabil dengan penambahan execution time yang juga stabil
3. Nilai Precision dan Recall yang relatif kecil dipengaruhi oleh sedikitnya dokumen relevan yang ada karena 300 dokumen dataset disampling secara acak sehingga memiliki rasio relevansi konten yang sedikit dengan kondisi saat jumlah keyword lebih dari 2 rata-rata hanya memiliki 1 sampai 2 dokumen yang relevan.
4. Penggunaan Fulltext Indexing dan struktur data B-Tree pada proses pengelolaan database dokumen elektronik mempercepat sistem saat melakukan indexing dan searching dimana kedua metode tersebut mempercepat sistem 0,3 kali dari sistem sebelumnya dengan perbandingan jumlah word yang ter-index dengan jumlah total word dari dokumen yang ditentukan adalah 1:8,6.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan mengenai penelitian dan pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian lebih lanjut, metode penelitian dapat menggunakan metode indexing maupun struktur database lain seperti Inverted Index,PAMs, atau SAMs dengan struktur B<sup>+</sup>-Tree, k-d-tree, k-d-B-tree, atau hB-tree.
2. Untuk penelitian lebih lanjut, pemilihan dataset yang digunakan di kategorikan terlebih dahulu dan dalam jumlah yang lebih banyak. Dataset dapat menggunakan format file dokumen elektronik lain seperti PDF, DOC, DOCX, RTF, atau GDOC
3. Untuk penelitian selanjutnya menggunakan algoritma stemming untuk Bahasa Indonesia yang lebih baik sehingga kesalahan pembentukan kata dasar menjadi lebih sedikit

4. Untuk penelitian selanjutnya membuat sistem yang dapat secara otomatis meng-update dan meng-insert Index baru pada saat suatu dokumen elektronik baru akan diunggah atau dimasukkan ke dalam database.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1] A. Goker, D. John. 2009. Information Retrieval : Searching in 21st Century, Chippenham: Wiley.
- 2] A. Mushofan. 2013. B-Tree dan Penerapan di Basis Data, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, ITB, Bandung.
- 3] D. Comer. 1979. Ubiquitous B-Tree, ACM Computing Surveys (CSUR), pp. 121-137, June 1979.
- 4] D. Zhang. 2014. B-Trees. CRC Press.
- 5] E. Chaves. 2006. A Universal Full Text Index with Access Control and Annotation Driven Information Retrieval, Computing, 2006. CIC '06. 15th International Conference on, pp. 135-140, November 2006.
- 6] E. Soisalon-Soininen, P. Widmayer. 1999. Concurrency and Recovery in Full-Text Indexing, String Processing and Information Retrieval Symposium, pp. 192-198.
- 7] G. Graefe. 2010. A survey of B-tree locking techniques, Transactions on Database Systems (TODS), January 2010.
- 8] G. Graefe. 2011. Modern B-Tree Techniques, Foundations and Trends in Databases, pp. 203-402.
- 9] J. Lian. 2009. An Efficient Approach for Building Compressed Fulltext Index for Structured Data, Computer Sciences and Convergence Information Technology. ICCIT '09. Fourth International Conference on, pp. 59-63, November 2009.
- 10] M. Buckland. 1998. What is "digital document"?, University of California, California.
- 11] P. Koruga, M. Bača. 2010. Analysis of B-tree data structure and its usage in computer forensics, Faculty of Organization and Informatics, University of Zagreb, Zagreb.
- 12] Parliament of Canada. 2008. Personal Information Protection and Electronic Documents Act, Amendment Juli 2014. Canada.
- 13] Pemerintah Republik Indonesia. 2008. Undang-undang Informasi dan Transaksi Elektronik. Indonesia Patent 11.
- 14] R. Baeza-Yates, B. Ribeiro-Neto. 1999. Modern Information Retrieval, New York: Association for Computing (ACM) and Addison Wesley Longman.
- 15] R. Bayer, E. McCreight. 1972. Organization and Maintenance of Large Ordered Indexes, Acta Informatica, pp. 173-189.
- 16] R. S. J. Meier. 1996. Towards a better understanding of electronic document management, System Sciences, Proceedings of the Twenty-Ninth Hawaii International Conference , (Volume:5 ), pp. 53-61, January 1996.
- 17] T. Ylonen. 1992. An Algorithm for Full Text Indexing. Helsinki.
- 18] Y. Wang, B.-y. Sun, F. Cheng. 2011. Electronic-Document-Based Management Process Model for Image Archives in Universities, International Conference of Information Technology, Computer Engineering and Management Sciences..