BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemrosesan bahasa alami atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *natural language processing* (NLP) adalah cabang ilmu komputer dan linguistik yang mengkaji interaksi antara komputer dan manusia menggunakan bahasa alami. NLP sering dianggap sebagai cabang dari kecerdasan buatan dan bidang kajiannya bersinggungan dengan linguistik komputasional. Kajian NLP antara lain mencakup segmentasi tuturan *(speech segmentation)*, segmentasi teks *(text segmentation)*, penandaan kelas kata *(part-of-speech tagging)*, serta pengawataksaan makna *(word sense disambiguation)*. Salah satu alat yang digunakan oleh komputer dalam proses mengenali bahasa alami manusia adalah *morphological parser*.

Morphological parser berfungsi untuk membagi sebuah kata menjadi komponen-komponen penyusunnya. Proses ini dapat mengenali komponen kata seperti awalan, bentuk dasar, sisipan, dan akhiran serta dapat mengenali jika kata tersebut merupakan kata ulang maupun kata majemuk. Proses di mana *morphological parser* melakukan tugasnya dalam menguraikan kata menjadi komponen-komponen penyusunnya disebut dengan *morphological parsing*. Proses ini dapat membantu mengurangi ambiguitas selama proses mengetahui makna suatu kalimat. Sebagai contoh, kata "mengurus" bisa mempunyai makna menjadi kurus maupun mengerjakan sebuah urusan, bergantung pada apa bentuk dasar dari kata tersebut. Jika kita bisa membagi kata tersebut menjadi komponen penyusunnya, kita bisa lebih yakin mengenai makna dari kata tersebut dalam kalimat. *Morphological parsing* merupakan salah satu proses penting dalam NLP.

Morphological parser sudah banyak dibuat untuk beberapa bahasa yang ada di dunia, seperti bahasa Inggris, bahasa Turki, dan bahasa Bangla. Pisceldo et al. (2008) pernah membuat *morphological analyser* untuk bahasa Indonesia melalui pendekatan *two-level*, namun hanya dapat memproses kata hasil afiksasi dan reduplikasi. Dalam bahasa Indonesia, selain proses afiksasi dan

reduplikasi, dikenal ada satu lagi proses morfologi yang umum dilakukan, yaitu proses komposisi. Proses komposisi adalah proses penggabungan bentuk dasar dengan bentuk dasar lain untuk mewadahi suatu "konsep" yang belum tertampung dalam sebuah kata[1]. Dalam skripsi ini, akan dibuat sebuah perangkat lunak *morphological parser* yang dapat memproses kata dalam bahasa Indonesia yang merupakan hasil proses afiksasi, reduplikasi, dan komposisi.

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut ini.

- Bagaimana aturan morfologi bahasa Indonesia?
- Bagaimana struktur data dari *lexicon* yang digunakan pada perangkat lunak?
- Bagaimana cara mengimplementasikan aturan morfologi bahasa Indonesia ke dalam perangkat lunak?
- Bagaimana performansi dari perangkat lunak yang dihasilkan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengetahui aturan morfologi bahasa Indonesia
- Mengetahui struktur data dari *lexicon* yang digunakan pada perangkat lunak
- Mengimplementasikan aturan morfologi bahasa Indonesia ke dalam perangkat lunak
- Mengetahui performansi dari perangkat lunak yang dihasilkan

1.4 Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah untuk penelitian ini:

- Kalimat yang dapat diproses adalah kalimat dalam bahasa Indonesia yang ditulis sesuai ejaan yang disempurnakan (EYD)

- Kata yang dapat diproses adalah kata yang merupakan bentuk dasar dan kata yang dibentuk dari proses morfologi berupa afiksasi, reduplikasi, dan komposisi
- Kata yang belum ada dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) dan yang bukan merupakan hasil dari proses afiksasi, reduplikasi, dan komposisi dianggap sebagai bentuk asing
- Kata yang merupakan hasil proses penyisipan (infiksasi) dan belum ada dalam KBBI tidak dapat diproses karena infiksasi dianggap sudah tidak produktif dalam bahasa Indonesia pada saat ini

1.5 Metodologi Penelitian

Tahap-tahap yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur tentang morfologi bahasa Indonesia dan perangkat lunak *morphological parser* yang sudah ada
2. Melakukan analisis pada *morphological parser* bahasa Indonesia dan *lexicon* yang digunakan serta merancang struktur data dari *lexicon*
3. Merancang dan mengimplementasikan *lexicon* dan *morphological parser* ke dalam perangkat lunak
4. Mengumpulkan contoh kalimat dalam bahasa Indonesia sebagai bahan pengujian
5. Melakukan pengujian terhadap perangkat lunak

1.6 Sistematika Pembahasan

Keseluruhan bab yang disusun dalam karya tulis ini terbagi ke dalam bab-bab sebagai berikut:

1. BAB 1 - PENDAHULUAN membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika pembahasan.
2. BAB 2 - DASAR TEORI membahas mengenai teori-teori dasar yang digunakan pada penelitian ini.
3. BAB 3 - ANALISIS membahas mengenai hasil analisis dari teori dasar dan kebutuhan dari perangkat lunak yang akan dibuat.

4. BAB 4 - PERANCANGAN membahas mengenai perancangan perangkat lunak berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

5. BAB 5 - IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN membahas mengenai implementasi dari hasil analisis dan perancangan perangkat lunak dan pengujian terhadap perangkat lunak yang sudah dibuat.

6. BAB 6 - KESIMPULAN DAN SARAN membahas mengenai kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

BAB 2

DASAR TEORI

Pada bab ini dijelaskan mengenai beberapa teori yang diperlukan dalam penelitian ini. Teori yang diperlukan adalah teori mengenai bahasa Indonesia, yaitu teori morfologi, morfem, proses morfologi, dan morfofonemik, lalu teori mengenai peran morphological parser dalam natural language processing, dan yang terakhir adalah teori mengenai struktur data trie yang akan digunakan dalam pembuatan perangkat lunak lexicon.

2.1 Morfologi

Secara etimologi, kata *morfologi* berasal dari kata *morf* yang berarti 'bentuk' dan kata *logi* yang berarti 'ilmu'[1]. Secara harfiah, kata *morfologi* berarti 'ilmu mengenai bentuk'. Di dalam kajian linguistik, *morfologi* berarti 'ilmu mengenai bentuk-bentuk dan pembentukan kata'; sedangkan di dalam kajian biologi, *morfologi* berarti 'ilmu mengenai bentuk-bentuk sel-sel tumbuhan atau jasad-jasad hidup'. Kesamaan dari dua bidang kajian tersebut adalah keduanya mengkaji tentang bentuk.

Jika morfologi dalam kajian linguistik membicarakan tentang bentuk-bentuk dan pembentukan kata, maka segala bentuk dan jenis morfem yang merupakan satuan bentuk sebelum menjadi kata perlu dibicarakan juga. Pembicaraan mengenai pembentukan kata akan melibatkan pembicaraan mengenai komponen atau unsur pembentukan kata, yaitu morfem, baik morfem dasar maupun morfem afiks, dengan berbagai alat proses pembentukan kata, yaitu afiks dalam proses pembentukan kata melalui proses afiksasi, duplikasi atau pengulangan dalam proses pembentukan kata melalui proses reduplikasi, penggabungan dalam proses pembentukan kata melalui proses komposisi, dan sebagainya.

Ujung dari proses morfologi adalah terbentuknya *kata* dalam bentuk dan makna sesuai dengan keperluan dalam satu tindak pertuturan. Bila bentuk dan makna yang terbentuk dari satu proses

morfologi sesuai dengan yang diperlukan dalam pertuturan, maka bentuknya dapat dikatakan berterima; tetapi jika tidak sesuai dengan yang diperlukan, maka bentuk itu dikatakan tidak berterima. Keberterimaan atau ketidakberterimaan bentuk itu dapat juga karena alasan sosial.

Objek kajian morfologi adalah satuan-satuan morfologi, proses-proses morfologi, dan alat-alat dalam proses morfologi itu[1]. Satuan morfologi adalah:

1. Morfem (akar atau afiks).
2. Kata.

Lalu, proses morfologi melibatkan komponen:

1. Dasar (bentuk dasar).
2. Alat pembentuk (afiks, duplikasi, komposisi).

Morfem adalah satuan gramatikal terkecil yang bermakna. Morfem dapat berupa akar (dasar) dan dapat pula berupa afiks. Perbedaannya, morfem berupa akar dapat menjadi dasar dalam pembentukan kata, sedangkan morfem berupa afiks hanya "menjadi" penyebab terjadinya makna gramatikal. Kemudian, *kata* adalah satuan gramatikal yang terjadi sebagai hasil dari proses morfologis. Jika berdiri sendiri, setiap kata memiliki makna leksikal dan dalam kedudukannya dalam satuan ujaran memiliki makna gramatikal.

Dalam proses morfologi, dasar atau bentuk dasar merupakan bentuk yang mengalami proses morfologi. Dasar ini dapat berupa sebuah kata dasar maupun bentuk polimorfemis (bentuk berimbuhan, bentuk ulang, atau bentuk gabungan). Alat pembentuk kata dapat berupa afiks dalam proses afiksasi, pengulangan dalam proses reduplikasi, dan penggabungan dalam proses komposisi.

2.2 Morfem

Morfem adalah satuan gramatikal terkecil yang memiliki makna[1]. Dengan kata terkecil berarti "satuan" itu tidak dapat dianalisis menjadi lebih kecil lagi tanpa merusak maknanya. Sebagai contoh, bentuk *membeli* dapat dianalisis menjadi dua bentuk terkecil yaitu {me-} dan {beli}. Bentuk {me-} adalah sebuah morfem, yakni morfem afiks yang secara gramatikal memiliki sebuah makna; dan bentuk {beli} juga sebuah morfem, yakni morfem dasar yang secara leksikal memiliki makna. Kalau bentuk *beli* dianalisis menjadi lebih kecil lagi menjadi *be-* dan *li*, keduanya tidak memiliki makna apapun. Jadi, keduanya bukan morfem. Contoh lain, bentuk *berpakaian* dapat dianalisis

ke dalam satuan-satuan terkecil menjadi {ber-}, {pakai}, dan {-an}. Ketiganya adalah morfem, di mana {ber-} adalah morfem prefiks, {pakai} adalah morfem dasar, dan {-an} adalah morfem sufiks. Ketiganya memiliki makna. Morfem {ber-} dan morfem {-an} memiliki makna gramatikal, sedangkan morfem {pakai} memiliki makna leksikal. Perlu dicatat dalam konvensi linguistik sebuah bentuk dinyatakan sebagai morfem ditulis dalam kurung kurawal ({...}).

2.2.1 Identifikasi Morfem

Satuan bahasa merupakan komposit antara bentuk dan makna[1]. Oleh karena itu, untuk menetapkan sebuah bentuk adalah morfem atau bukan didasarkan pada kriteria bentuk dan makna tersebut. Hal-hal berikut dapat menjadi pedoman untuk menentukan apakah sebuah bentuk adalah morfem atau bukan.

1. Dua bentuk yang sama atau lebih memiliki makna yang sama merupakan sebuah morfem. Umpamanya kata *bulan* pada ketiga kalimat berikut adalah sebuah morfem yang sama.
   - *Bulan* depan dia akan menikah.
   - Sudah tiga *bulan* dia belum bayar uang SPP.
   - *Bulan* November lamanya 30 hari.
2. Dua bentuk yang sama atau lebih bila memiliki makna yang berbeda merupakan dua morfem yang berbeda. Misalnya kata *bunga* pada kedua kalimat berikut adalah dua buah morfem yang berbeda.
   - Bank Indonesia memberi *bunga* 5 persen per tahun.
   - Dia datang membawa seikat *bunga*.
3. Dua buah bentuk yang berbeda, tetapi memiliki makna yang sama, merupakan dua morfem yang berbeda. Umpamanya, kata *ayah* dan kata *bapak* pada kedua kalimat berikut adalah dua morfem yang berbeda.
   - *Ayah* pergi ke Medan.
   - *Bapak* baru pulang dari Medan.
4. Bentuk-bentuk yang mirip (berbeda sedikit) tetapi maknanya sama adalah sebuah morfem yang sama, asal perbedaan bentuk itu dapat dijelaskan secara fonologis. Umpamanya, bentuk-

bentuk *me-*, *mem-*, *men-*, *meny-*, *meng-*, dan *menge-* pada kata-kata berikut adalah sebuah morfem yang sama.

- *me*lihat
- *mem*bina
- *men*dengar
- *meny*usul
- *meng*ambil
- *menge*cat

5. Bentuk yang hanya muncul dengan pasangan satu-satunya adalah sebuah morfem juga. Umpamanya bentuk *renta* pada konstruksi *tua renta*, dan bentuk *kuyup* pada konstruksi *basah kuyup* adalah juga morfem. Contoh lain, bentuk *bugar* pada *segar bugar*, dan bentuk *mersik* pada *kering mersik*.

6. Bentuk yang muncul berulang-ulang pada satuan yang lebih besar apabila memiliki makna yang sama adalah juga merupakan morfem yang sama. Misalnya bentuk *baca* pada kata-kata berikut adalah sebuah morfem yang sama.

   - mem*baca*
   - pem*baca*
   - pem*baca*an
   - *baca*an
   - ter*baca*
   - keter*baca*an

7. Bentuk yang muncul berulang-ulang pada satuan bahasa yang lebih besar, apabila mempunyai bentuk bahasa yang sama namun maknanya berbeda (polisemi) merupakan morfem yang sama. Umpamanya, kata *kepala* pada kalimat-kalimat berikut memiliki makna yang berbeda, tetapi tetap merupakan morfem yang sama.

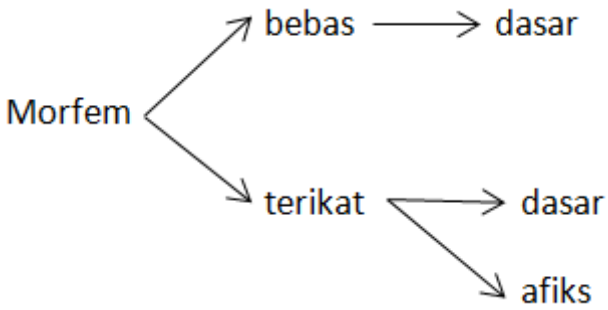
   - Ibunya menjadi *kepala* sekolah di sana.
   - Nomor teleponnya tertera pada *kepala* surat itu.
   - *Kepala* jarum itu terbuat dari plastik.

- Setiap *kepala* mendapat bantuan sepuluh ribu rupiah.
- Tubuhnya memang besar tetapi sayang *kepala*nya kosong.

2.2.2 Jenis Morfem

Dalam kajian morfologi biasanya dibedakan adanya beberapa morfem berdasarkan kriteria tertentu, seperti kriteria kebebasan, keutuhan, makna, dan sebagainya. Berikut adalah jenis-jenis morfem tersebut.

1. Berdasarkan kebebasannya untuk dapat digunakan langsung dalam pertuturan, dibedakan adanya *morfem bebas* dan *morfem terikat*. Morfem bebas adalah morfem yang tanpa keterkaitannya dengan morfem lain dapat langsung digunakan dalam pertuturan. Misalnya, morfem {pulang}, {merah}, dan {pergi}. Morfem bebas ini tentunya berupa morfem dasar. Sedangkan morfem terikat adalah morfem yang harus terlebih dahulu bergabung dengan morfem lain untuk dapat digunakan dalam pertuturan. Dalam hal ini, semua afiks dalam bahasa Indonesia termasuk morfem terikat. Di samping itu, banyak juga morfem terikat yang berupa morfem dasar, seperti {henti}, {juang}, dan {geletak}. Untuk dapat digunakan, ketiga morfem ini harus terlebih dahulu diberi afiks atau digabung dengan morfem lain. Misalnya {juang} menjadi *berjuang*, *pejuang*, dan *daya juang*; *henti* harus digabung dulu dengan afiks tertentu seperti menjadi *berhenti*, *perhentian*, dan *menghentikan*; dan *geletak* harus diberi imbuhan dulu, misalnya menjadi *tergeletak*, dan *menggeletak*. Adanya morfem bebas dan terikat dapat digambarkan pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1: Morfem bebas dan terikat[1]

Berkenaan dengan bentuk dasar terikat, perlu dikemukakan catatan sebagai berikut:
Pertama, bentuk dasar terikat seperti *gaul*, *juang*, dan *henti* lazim juga disebut sebagai *prakategorial* karena bentuk-bentuk tersebut belum memiliki kategori sehingga tidak dapat

digunakan dalam pertuturan.

Kedua, Verhaar (1978) juga memasukkan bentuk-bentuk seperti *beli*, *baca*, dan *tulis* ke dalam kelompok prakategorial, karena untuk digunakan di dalam kalimat harus terlebih dahulu diberi prefiks *me-*, prefiks *di-*, atau prefiks *ter-*. Dalam kalimat imperatif memang tanpa imbuhan bentuk-bentuk tersebut dapat digunakan. Namun, kalimat imperatif adalah hasil transformasi dari kalimat aktif transitif (yang memerlukan imbuhan).

Ketiga, bentuk-bentuk seperti *renta* (yang hanya muncul dalam *tua renta*), *kerontang* (yang hanya muncul dalam *kering kerontang*), dan *kuyup* (yang hanya muncul dalam *basah kuyup*) adalah juga termasuk morfem terikat. Lalu, oleh karena hanya muncul dalam pasangan tertentu, maka disebut *morfem unik*.

Keempat, bentuk-bentuk yang disebut klitika merupakan morfem yang agak sukar ditentukan statusnya, apakah morfem bebas atau morfem terikat. Kemunculannya dalam pertuturan selalu terikat dengan bentuk lain, tetapi dapat dipisahkan. Umpamanya klitika *-ku* dalam konstruksi *bukuku* dapat dipisahkan sehingga menjadi *buku baruku*. Dilihat dari posisi tempatnya dibedakan adanya proklitika, yaitu klitika yang berposisi di muka kata yang diikuti seperti klitika *ku-* dalam bentuk *kubawa* dan *kauambil*. Sedangkan yang disebut enklitika adalah klitika yang berposisi di belakang kata yang dilekati, seperti klitika *-mu* dan *-nya* pada bentuk *nasibmu* dan *duduknya*.

Kelima, bentuk-bentuk yang termasuk preposisi dan konjungsi seperti *dan*, *oleh*, *di*, dan *karena* secara morfologis termasuk morfem bebas, tetapi secara sintaksis merupakan bentuk terikat (dalam satuan sintaksisnya).

Keenam, bentuk-bentuk yang oleh Kridalaksana (1989) disebut proleksem, seperti *a* (pada *asusila*), *dwi* (pada *dwibahasa*), dan *ko* (pada *kopilot*) juga termasuk morfem terikat.

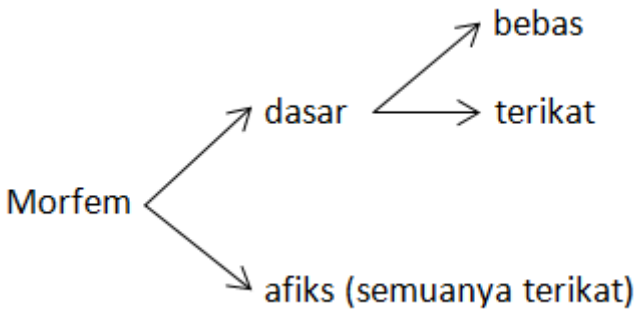
2. Berdasarkan keutuhan bentuknya dibedakan adanya *morfem utuh* dan *morfem terbagi*. Morfem utuh secara fisik merupakan satu-kesatuan yang utuh. Semua morfem dasar, baik bebas maupun terikat, serta prefiks, infiks, dan sufiks termasuk morfem utuh. Sedangkan yang dimaksud morfem terbagi adalah morfem yang fisiknya terbagi atau disisipi morfem lain. Karenanya semua konfiks (seperti *pe-an*, *ke-an*, dan *per-an*) adalah termasuk morfem terbagi. Namun, mengenai morfem terbagi ini ada dua catatan yang perlu diperhatikan.

   Pertama, semua konfiks adalah morfem terbagi; tetapi pada bentuk *ber-an* ada yang berupa konfiks dan ada yang bukan konfiks. Jika kata dalam bentuk *ber-an* tidak memiliki arti ketika hanya ditambahkan prefiks *ber-* atau sufiks *-an* saja, maka bentuk *ber-an* tersebut adalah

berupa konfiks. Namun, jika kata tersebut memiliki arti ketika hanya ditambahkan prefiks *ber-* atau sufiks *-an* saja, maka bentuk *ber-an* tersebut adalah berupa *klofiks* (akronim dari kelompok afiks). Contoh, kata *bermunculan* adalah dasar *muncul* ditambahkan konfiks *ber-an* sementara kata *berpakaian* adalah prefiks *ber-* yang ditambahkan pada bentuk *pakaian*.

Kedua, dalam bahasa Indonesia ada afiks yang disebut infiks, yaitu afiks yang ditempatkan di tengah (di dalam kata). Umpamanya infiks *-el-* pada dasar *tunjuk* menjadi kata *telunjuk*. Di sini infiks itu memecah morfem *tunjuk* menjadi dua bagian, yaitu *t-el-unjuk*. Dengan demikian morfem *t-unjuk* menjadi morfem terbagi, bukan morfem utuh.

3. Berdasarkan kemungkinan menjadi dasar dalam pembentukan kata, dibedakan *morfem dasar* dan *morfem afiks*. Morfem dasar adalah morfem yang dapat menjadi dasar dalam suatu proses morfologi. Misalnya, morfem {beli}, {makan}, dan {merah}. Namun, perlu dicatat bentuk dasar yang termasuk dalam kategori preposisi dan konjungsi tidak pernah mengalami proses afiksasi. Sedangkan, yang tidak dapat menjadi dasar, melainkan hanya sebagai pembentuk disebut morfem afiks, seperti morfem {me-}, {-kan}, dan {pe-an}. Berdasarkan pembagian ini, maka dapat dibuat gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2: Morfem dasar dan afiks[1]

4. Berdasarkan ciri semantik dibedakan adanya *morfem bermakna leksikal* dan *morfem tak bermakna leksikal*. Sebuah morfem disebut bermakna leksikal karena di dalam dirinya, secara inheren, telah memiliki makna. Semua morfem dasar bebas, seperti {makan}, {pulang}, dan {pergi} termasuk morfem bermakna leksikal. Sebaliknya, morfem afiks seperti {ber-}, {ke-}, dan {ter-} termasuk morfem tak bermakna leksikal. Morfem bermakna leksikal dapat langsung menjadi unsur dalam pertuturan, sementara morfem tidak bermakna leksikal tidak dapat.

Dikotomi morfem bermakna leksikal dan tidak bermakna leksikal ini, untuk bahasa Indonesia

timbul masalah. Morfem-morfem seperti {juang}, {henti}, dan {gaul} memiliki makna leksikal atau tidak. Kalau dikatakan memiliki makna leksikal, pada kenyataannya morfem-morfem itu belum dapat digunakan dalam pertuturan sebelum mengalami proses morfologi. Kalau dikatakan tidak bermakna leksikal, pada kenyataannya morfem-morfem tersebut bukan afiks.

2.2.3 Morfem Dasar, Bentuk Dasar, Akar, dan Leksem

Morfem dasar, bentuk dasar (lebih lazim dasar (*base*) saja), akar, dan leksem adalah empat istilah yang lazim digunakan dalam kajian morfologi. Namun, seringkali digunakan secara kurang cermat, malah seringkali berbeda. Oleh karena itu, ada baiknya istilah-istilah tersebut dibicarakan dulu sebelum pembicaraan mengenai proses-proses morfologi.

Istilah *morfem dasar* biasanya digunakan sebagai dikotomi dengan morfem afiks. Jadi, bentuk-bentuk seperti {beli}, {juang}, dan {kucing} adalah morfem dasar. Morfem dasar ini ada yang termasuk morfem bebas seperti {beli}, {kucing}, dan {pulang}; tetapi ada pula yang termasuk morfem terikat, seperti {juang}, {henti}, dan {tempur}. Sedangkan morfem afiks seperti {*ber-*}, {*di-*}, dan {*-an*} jelas semuanya termasuk morfem terikat seperti dijelaskan pada gambar 2.2 di atas.

Sebuah morfem dasar dapat menjadi bentuk dasar atau dasar (*base*) dalam suatu proses morfologi. Artinya, morfem dasar dapat diberi afiks tertentu dalam proses afiksasi, dapat diulang dalam proses reduplikasi, atau dapat digabung dengan morfem yang lain dalam suatu proses komposisi atau pemajemukan.

Istilah *bentuk dasar* atau *dasar (base)* biasanya digunakan untuk menyebut sebuah bentuk yang menjadi dasar dalam suatu proses morfologi. Bentuk dasar ini dapat berupa morfem tunggal, tetapi dapat juga berupa gabungan morfem. Umpamanya pada kata *berbicara* yang terdiri dari morfem {ber-} dan morfem {bicara}; maka morfem {bicara} adalah menjadi bentuk dasar dari kata *berbicara* itu, yang kebetulan juga berupa morfem dasar. Pada kata *dimengerti* bentuk dasarnya adalah *mengerti*, dan pada kata *keanekaragaman* bentuk dasarnya adalah *aneka ragam*. Pada bentuk reduplikasi *rumah-rumah* bentuk dasarnya adalah *rumah*, pada bentuk reduplikasi *berlari-lari* bentuk dasarnya berlari, dan pada bentuk reduplikasi *kemerah-merahan* bentuk dasarnya adalah *kemerahan*. Lalu, pada komposisi *sate ayam* bentuk dasarnya adalah *sate*, pada komposisi *ayam betina* bentuk dasarnya adalah *ayam*, dan pada komposisi *pasar induk* bentuk dasarnya adalah *pasar*. Jadi, bentuk dasar adalah bentuk yang langsung menjadi dasar dalam suatu proses morfologi. Wujudnya dapat berupa morfem tunggal, dapat juga berupa bentuk polimorfemis (terdiri dari dua

morfem atau lebih).

Istilah *akar (root)* digunakan untuk menyebut bentuk yang tidak dapat dianalisis lebih jauh lagi. Artinya, akar adalah bentuk yang tersisa setelah semua afiksnya ditanggalkan. Misalkan pada kata *memberlakukan* setelah semua afiksnya ditanggalkan (yaitu prefiks *me-*, prefiks *ber-*, dan sufiks *-kan*) dengan cara tertentu, maka yang tersisa adalah akar *laku*. Akar *laku* ini tidak dapat dianalisis lebih jauh lagi tanpa merusak makna akar tersebut. Contoh lain, kata *keberterimaan* kalau semua afiksnya ditanggalkan akan tersisa akarnya yaitu bentuk *terima*. Bentuk *terima* ini pun tidak dapat dianalisis lebih jauh lagi.

Istilah *leksem* ada digunakan dalam dua bidang kajian linguistik, yaitu bidang *morfologi* dan bidang *semantik*. Dalam kajian morfologi, leksem digunakan untuk mewadahi konsep "bentuk yang akan menjadi kata" melalui proses morfologi. Umpamanya bentuk PUKUL (dalam konvensi 'morfologi' leksem ditulis dengan huruf kapital semua) adalah sebuah leksem yang akan menurunkan kata-kata seperti *memukul*, *dipukul*, *terpukul*, *pukulan*, *pemukul*, dan *pemukulan*. Sedangkan dalam kajian semantik leksem adalah satuan bahasa yang memiliki sebuah makna. Jadi, bentuk-bentuk seperti *kucing*, *membaca*, *matahari*, *membanting tulang*, dan *sumpah serapah* adalah leksem.

Dari bentuk *leksem* ada bentuk-bentuk turunannya, yaitu *leksikon*, *leksikal*, *leksikologi*, dan *leksikografi*. Istilah leksikon dalam arti 'kumpulan leksem' dapat dipadankan dengan istilah *kosakata* atau *perbendaharaan kata*.

2.2.4 Morfem Afiks

Sudah dijelaskan pada subbab 2.2.2 bahwa morfem afiks adalah morfem yang tidak dapat menjadi dasar dalam pembentukan kata, tetapi hanya menjadi unsur pembentuk dalam proses afiksasi. Dalam bahasa Indonesia dibedakan adanya morfem afiks yang disebut:

1. *Prefiks*, yaitu afiks yang dibubuhkan di kiri bentuk dasar, yaitu prefiks *ber-*, prefiks *me-*, prefiks *per-*, prefiks *pe-*, prefiks *di-*, prefiks *ter-*, prefiks *se-*, dan prefiks *ke-*.

2. *Infiks*, yaitu afiks yang dibubuhkan di tengah kata, biasanya pada suku awal kata, yaitu infiks *-el-*, infiks *-em-*, dan infiks *-er-*.

3. *Sufiks*, adalah afiks yang dibubuhkan di kanan bentuk dasar, yaitu sufiks *-kan*, sufiks *-i*, dan sufiks *-an*.

4. *Konfiks*, yaitu afiks yang dibubuhkan di kiri dan di kanan bentuk dasar secara bersamaan

karena konfiks ini merupakan satu kesatuan afiks. Konfiks yang ada dalam bahasa Indonesia adalah konfiks *ke-an*, konfiks *ber-an*, konfiks *pe-an*, konfiks *per-an*, dan konfiks *se-nya*.

5. *Klitika*[1], adalah imbuhan yang dalam ucapan tidak mempunyai tekanan sendiri dan tidak merupakan kata karena tidak dapat berdiri sendiri. Jadi, klitika merupakan bentuk yang selalu terikat pada bentuk (kata) lain. Dilihat dari posisi tempatnya, dibedakan adanya *proklitika*, yaitu klitika yang berposisi di sebelah kiri kata yang diikuti seperti klitika *ku-* dan *kau-* dalam bentuk *kubawa* dan *kauambil*. Sedangkan yang disebut *enklitika* adalah klitika yang berposisi di belakang kata yang dilekati, seperti klitika *-ku*, *-mu*, *-nya*, dan *-lah* pada bentuk *bukuku*, *nasibmu*, *duduknya*, dan *pergilah*. Ada juga bentuk klitika yang ditulis terpisah dari kata yang diimbuhkan, yaitu klitika *pun* pada bentuk *kami pun*.

6. Dalam bahasa Indonesia ada bentuk kata yang *berklofiks*, yaitu kata yang dibubuhi afiks pada kiri dan kanannya; tetapi pembubuhannya itu tidak sekaligus, melainkan bertahap. Kata-kata berklofiks dalam bahasa Indonesia adalah yang berbentuk *me-kan*, *me-i*, *memper-*, *memper-kan*, *memper-i*, *ber-kan*, *di-kan*, *di-i*, *diper-*, *diper-kan*, *diper-i*, *ter-kan*, dan *ter-i*.

7. Dalam ragam nonbaku ada afiks nasal yang direalisasikan dengan nasal *m-*, *n-*, *ny-*, *ng-*, dan *nge-*. Kridalaksana (1989) menyebut afiks nasal ini dengan istilah *simulfiks*. Contoh: *nulis*, *nyisir*, *ngambil*, dan *ngecat*.

2.3 Proses Morfologi

Proses morfologi pada dasarnya adalah proses pembentukan kata dari sebuah bentuk dasar melalui pembubuhan afiks (dalam proses afiksasi), pengulangan (dalam proses reduplikasi), dan penggabungan (dalam proses komposisi)[1]. Prosedur ini berbeda dengan analisis morfologi yang mencerai-ceraikan kata (sebagai satuan sintaksis) menjadi bagian-bagian atau satuan-satuan yang lebih kecil. Sebagai contoh, jika dilakukan analisis morfologi terhadap kata *berpakaian*, mula-mula kata *berpakaian* dianalisis menjadi bentuk *ber-* dan *pakaian*; lalu bentuk *pakaian* dianalisis lagi menjadi bentuk *pakai* dan *-an*. Dalam proses morfologi, prosedurnya dibalik: mula-mula dasar *pakai* diberi sufiks *-an* menjadi *pakaian*. Kemudian kata *pakaian* itu diberi prefiks *ber-* menjadi *berpakaian*. Jadi, kalau analisis morfologi mencerai-ceraikan data kebahasaan yang ada, sedangkan proses morfologi mencoba menyusun dari komponen-komponen kecil menjadi sebuah bentuk yang lebih besar yang berupa kata kompleks atau kata yang polimorfemis.

[1] *id.wikibooks.org/wiki/Bahasa_Indonesia/Klitika*

Proses morfologi melibatkan komponen bentuk dasar dan alat pembentuk kata (afiksasi, reduplikasi, dan komposisi).

2.3.1 Bentuk Dasar

Pada subbab 2.2.3 telah disinggung bahwa *bentuk dasar* adalah bentuk yang kepadanya dilakukan proses morfologi. Bentuk dasar dapat berupa akar seperti *baca*, *pahat*, dan *juang* pada kata *membaca*, *memahat*, dan *berjuang*. Dapat pula berupa bentuk polimorfemis seperti bentuk *bermakna*, *berlari*, dan *jual beli* pada kata *kebermaknaan*, *berlari-lari*, dan *berjual beli*.

Dalam proses reduplikasi, bentuk dasar dapat berupa akar, seperti akar *rumah* pada kata *rumah-rumah*, akar *tinggi* seperti pada kata *tinggi-tinggi*, dan akar *marah* pada kata *marah-marah*. Dapat juga berupa kata berimbuhan seperti *menembak* pada kata *menembak-nembak*, kata berimbuhan *bangunan* pada kata *bangunan-bangunan*, dan kata berimbuhan *kemerahan* pada kata *kemerah-merahan*. Dapat juga berupa kata gabung seperti *rumah sakit* pada kata *rumah-rumah sakit*, dan *anak nakal* pada kata *anak-anak nakal*.

Dalam proses komposisi, bentuk dasar dapat berupa akar *sate* pada kata *sate ayam*, *sate padang*, dan *sate lontong*; dapat berupa dua buah akar seperti akar *kampung* dan akar *halaman* pada kata *kampung halaman*, atau akar *tua* dan akar *muda* pada kata *tua muda*.

Ada perbedaan bentuk antara *pelajar* dan *pengajar*. Menurut kajian tradisional dan struktural bentuk dasar dari kedua kata itu adalah sama, yaitu akar *ajar*. Dalam kajian proses di sini bentuk dasar kedua kata itu tidaklah sama. Bentuk dasar kata *pelajar* adalah *belajar* sedangkan bentuk dasar kata *pengajar* adalah *mengajar*. Ini dikarenakan makna gramatikal kata *pelajar* adalah 'orang yang belajar' sedangkan makna gramatikal kata *pengajar* adalah 'orang yang mengajar'. Contoh lain, bentuk dasar kata *penyatuan* adalah *menyatukan* karena makna *penyatuan* adalah 'hal/proses menyatukan'. Sedangkan bentuk dasar kata *persatuan* adalah *bersatu* atau *mempersatukan* karena makna gramatikalnya adalah 'hal bersatu' atau 'hal mempersatukan'. Namun, secara teoretis dapat juga dikatakan bentuk dasar kata *pelajar* dan *pengajar* adalah sama yaitu *ajar*; tetapi bentuk *pelajar* dibentuk dari dasar ajar melalui verba *belajar*, sedangkan *pengajar* dibentuk dari dasar *ajar* melalui verba *mengajar*. Demikian juga kata *penyatuan* dibentuk dari dasar *satu* melalui verba *menyatukan*, sedangkan kata *persatuan* dibentuk dari dasar *satu* melalui verba *bersatu* atau *mempersatukan*.

Dari uraian di atas, jelas bahwa konsep *bentuk dasar* tidak sama dengan pengertian *morfem dasar* atau *kata dasar*. Ini dikarenakan bentuk dasar dapat juga berupa bentuk-bentuk polimorfemis.

2.3.2 Pembentuk Kata

Komponen kedua dalam proses morfologi adalah alat pembentuk kata. Sejauh ini alat pembentuk kata dalam proses morfologi adalah (a) afiks dalam proses afiksasi, (b) pengulangan dalam proses reduplikasi, dan (c) penggabungan dalam proses komposisi.

Dalam proses afiksasi sebuah afiks diimbuhkan pada bentuk dasar sehingga hasilnya menjadi sebuah kata. Umpamanya pada dasar *baca* diimbuhkan afiks *me-* sehingga menghasilkan kata *membaca* yaitu sebuah verba transitif aktif; pada dasar *juang* diimbuhkan afiks *ber-* sehingga menghasilkan verba intransitif *berjuang*.

Berkenaan dengan jenis afiksnya, proses afiksasi dibedakan atas *prefiksasi*, yaitu proses pembubuhan prefiks, *konfiksasi* yakni proses pembubuhan konfiks, *sufiksasi* yaitu proses pembubuhan sufiks dan *infiksasi* yakni proses pembubuhan infiks. Perlu dicatat dalam bahasa Indonesia proses infiksasi sudah tidak produktif lagi. Dalam hal ini perlu juga diperhatikan adanya *klofiksasi*, yaitu kelompok afiks yang proses afiksasinya dilakukan bertahap. Misalnya pembentukan kata *menangisi*, mula-mula pada dasar *tangis* diimbuhkan sufiks *-i*; setelah itu baru dibubuhkan prefiks *me-*.

Proses prefiksasi dilakukan oleh prefiks *ber-*, *me-*, *pe-*, *per-*, *di-*, *ter-*, *ke-*, dan *se-*; infiksasi dilakukan oleh infiks *-el-*, *-em-*, dan *-er-*; sufiksasi dilakukan sufiks *-an*, *-kan*, dan *-i*; konfiksasi dilakukan oleh konfiks *pe-an*, *per-an*, *ke-an*, *se-nya*, dan *ber-an*; dan klofiksasi dilakukan oleh klofiks *me-kan*, *me-i*, *memper-*, *memper-kan*, *memper-i*, *ber-kan*, *di-kan*, *di-i*, *diper-*, *diper-kan*, *diper-i*, *ter-kan*, dan *ter-i*.

Alat pembentuk kedua adalah pengulangan bentuk dasar yang digunakan dalam proses reduplikasi. Hasil dari proses reduplikasi ini lazim disebut dengan istilah *kata ulang*. Secara umum dikenal adanya tiga macam pengulangan, yaitu pengulangan secara utuh, pengulangan dengan pengubahan bunyi vokal maupun konsonan, dan pengulangan sebagian.

Alat pembentuk ketiga adalah penggabungan sebuah bentuk pada bentuk dasar yang ada dalam proses komposisi. Penggabungan ini juga merupakan alat yang banyak digunakan dalam pembentukan kata karena banyaknya konsep yang belum ada wadahnya dalam bentuk sebuah kata. Misalnya, bahasa Indonesia hanya punya sebuah kata untuk berbagai macam warna merah. Oleh karena itulah dibentuk gabungan kata seperti *merah jambu*, *merah darah*, dan *merah bata*.

2.4 Morfofonemik

Morfofonemik (disebut juga morfofonologi) adalah kajian mengenai terjadinya perubahan bunyi atau perubahan fonem sebagai akibat dari adanya proses morfologi, baik proses afiksasi, proses reduplikasi, maupun proses komposisi[1]. *Fonem* adalah satuan bunyi terkecil (dalam kajian fonologi) yang dapat membedakan makna kata. Morfofonemik dalam pembentukan kata bahasa Indonesia terutama terjadi dalam proses afiksasi. Dalam proses reduplikasi dan komposisi hampir tidak ada. Dalam proses afiksasi pun terutama, hanya dalam prefiksasi *ber-*, prefiksasi *me-*, prefiksasi *pe-*, prefiksasi *per-*, konfiksasi *pe-an*, konfiksasi *per-an*, dan sufiksasi *-an*.

Berikut adalah beberapa jenis perubahan fonem dan bentuk-bentuk morfofonemik pada beberapa proses morfologi.

2.4.1 Jenis Perubahan

Dalam bahasa Indonesia ada beberapa jenis perubahan fonem berkenaan dengan proses morfologi ini. Di antaranya adalah proses:

1. *Pemunculan fonem*, yakni munculnya fonem (bunyi) dalam proses morfologi yang pada mulanya tidak ada. Misalnya, dalam proses pengimbuhan prefiks *me-* pada dasar *baca* akan memunculkan bunyi sengau [m] yang semula tidak ada.
   $me + baca \rightarrow membaca$

2. *Pelesapan fonem*, yakni hilangnya fonem dalam suatu proses morfologi. Misalnya, dalam proses pengimbuhan prefiks *ber-* pada dasar *renang*, maka bunyi [r] yang ada pada prefiks *ber-* dilesapkan. Juga, dalam proses pengimbuhan "akhiran" *-wan* pada dasar *sejarah*, maka fonem /h/ pada dasar *sejarah* itu dilesapkan. Contoh lain, pada proses pengimbuhan "akhiran" *-nda* pada dasar *anak*, maka fonem /k/ pada dasar *anak* dilesapkan atau dihilangkan.
   $ber + renang \rightarrow berenang$
   $sejarah + wan \rightarrow sejarawan$
   $anak + nda \rightarrow ananda$

   Dalam beberapa tahun terakhir ada juga gejala pelesapan salah satu fonem yang sama yang terdapat pada akhir kata dan awal kata yang mengalami proses komposisi. Misalnya.
   $pasar + raya \rightarrow pasaraya$
   $ko + operasi \rightarrow koperasi$

3. *Peluluhan fonem*, yakni luluhnya sebuah fonem serta disenyawakan dengan fonem lain dalam suatu proses morfologi. Umpamanya, dalam pengimbuhan prefiks *me-* pada dasar *sikat*, maka fonem /s/ pada kata *sikat* itu diluluhkan dan disenyawakan dengan fonem nasal /ny/ yang ada pada prefiks *me-*. Hal yang sama juga terjadi pada proses pengimbuhan prefiks *pe-*.
   $me + sikat \rightarrow menyikat$
   $pe + sikat \rightarrow penyikat$

4. *Perubahan fonem*, yakni berubahnya sebuah fonem atau sebuah bunyi, sebagai akibat terjadinya proses morfologi. Umpamanya, dalam pengimbuhan prefiks *ber-* pada dasar *ajar* terjadi perubahan bunyi, di mana fonem /r/ berubah menjadi fonem /l/.
   $ber + ajar \rightarrow belajar$

2.4.2 Prefiksasi ber-

Morfofonemik dalam proses pengimbuhan prefiks *ber-* berupa: (a) pelesapan fonem /r/ pada prefiks *ber-*; (b) perubahan fonem /r/ pada prefiks *ber-* menjadi fonem /l/; dan (c) pengekalan fonem /r/ yang terdapat prefiks *ber-* itu.

1. Pelesapan fonem /r/ pada prefiks *ber-* itu terjadi apabila bentuk dasar yang diimbuhi mulai dengan fonem /r/, atau suku pertama bentuk dasarnya berbunyi [er]. Misalnya:
   $ber + renang \rightarrow berenang$
   $ber + ragam \rightarrow beragam$
   $ber + racun \rightarrow beracun$
   $ber + kerja \rightarrow bekerja$
   $ber + ternak \rightarrow beternak$
   $ber + cermin \rightarrow becermin$

2. Perubahan fonem /r/ pada prefiks *ber-* menjadi fonem /l/ terjadi bila bentuk dasarnya akar *ajar*; tidak ada contoh lain.
   $ber + ajar \rightarrow belajar$

3. Pengekalan fonem /r/ pada prefiks *ber-* tetap /r/ terjadi apabila bentuk dasarnya bukan yang ada pada poin 1 dan 2 di atas.
   $ber + obat \rightarrow berobat$
   $ber + korban \rightarrow berkorban$

$ber + getah \rightarrow bergetah$

$ber + lari \rightarrow berlari$

$ber + tamu \rightarrow bertamu$

2.4.3 Prefiksasi me- (termasuk klofiks me-kan dan me-i)

Morfofonemik dalam proses pengimbuhan dengan prefiks *me-* dapat berupa: (a) pengekalan fonem; (b) penambahan fonem; dan (c) peluluhan fonem.

1. Pengekalan fonem di sini artinya tidak ada fonem yang berubah, tidak ada yang dilesapkan dan tidak ada yang ditambahkan. Hal ini terjadi apabila bentuk dasarnya diawali dengan konsonan /r, l, w, y, m, n, ng, dan ny/. Contoh:

   $me + rawat \rightarrow merawat$

   $me + lirik \rightarrow melirik$

   $me + wasiat \rightarrow wasiat$

   $me + yakin \rightarrow meyakinkan$

   $me + makan \rightarrow memakan$

   $me + nanti \rightarrow menanti$

   $me + nganga \rightarrow nganga$

   $me + nyanyi \rightarrow nyanyi$

2. Penambahan fonem, yakni penambahan fonem nasal /m, n, ng, dan nge/. Penambahan fonem nasal /m/ terjadi apabila bentuk dasarnya dimulai dengan konsonan /b/, /f/, dan /v/. Umpamanya:

   $me + baca \rightarrow membaca$

   $me + buru \rightarrow memburu$

   $me + fitnah \rightarrow memfitnah$

   $me + fokus \rightarrow memfokus(kan)$

   $me + vonis \rightarrow memvonis$

   Penambahan fonem nasal /n/ terjadi apabila bentuk dasarnya dimulai dengan konsonan /c/, /d/, dan /j/. Umpamanya:

   $me + cari \rightarrow mencari$

   $me + dengar \rightarrow mendengar$

   $me + jual \rightarrow menjual$

Penambahan fonem nasal /ng/ terjadi apabila bentuk dasarnya dimulai dengan konsonan /g, h, dan kh/ dan huruf vokal /a, i, u, e, dan o/. Contoh:

$me + goda \rightarrow menggoda$

$me + hina \rightarrow menghina$

$me + khayal \rightarrow mengkhayal$

$me + ambil \rightarrow mengambil$

$me + iris \rightarrow mengiris$

$me + ukur \rightarrow mengukur$

$me + elak \rightarrow mengelak$

$me + obral \rightarrow mengobral$

Penambahan fonem nasal /nge/ terjadi apabila bentuk dasarnya hanya terdiri dari satu suku kata. Misalnya:

$me + bom \rightarrow mengebom$

$me + cat \rightarrow mengecat$

$me + lap \rightarrow mengelap$

3. Peluluhan fonem terjadi apabila prefiks *me-* diimbuhkan pada bentuk dasar yang dimulai dengan konsonan bersuara /s, k, p, dan t/. Dalam hal ini konsonan /s/ diluluhkan dengan nasal /ny/, konsonan /k/ diluluhkan dengan nasal /ng/, konsonan /p/ diluluhkan dengan nasal /m/, dan konsonan /t/ diluluhkan dengan nasal /n/. Contoh:

$me + sikat \rightarrow menyikat$

$me + kirim \rightarrow mengirim$

$me + pilih \rightarrow memilih$

$me + tolong \rightarrow menolong$

2.4.4 Prefiksasi pe- dan konfiksasi pe-an

Morfofonemik dalam proses pengimbuhan dengan prefiks *pe-* dan konfiks *pe-an* sama dengan morfofonemik yang terjadi dalam proses pengimbuhan dengan prefiks *me-*, yaitu (a) pengekalan fonem; (b) penambahan fonem; dan (c) peluluhan fonem.

1. Pengekalan fonem, artinya tidak ada perubahan fonem, dapat terjadi apabila bentuk dasarnya diawali dengan konsonan /r, l, y, w, m, n, ng, dan ny/. Contoh:

$pe + rawat \rightarrow perawat$

$pe + latih \rightarrow pelatih$

$pe + yakin \rightarrow peyakin$

$pe + waris \rightarrow pewaris$

$pe - an + manfaat \rightarrow pemanfaatan$

$pe - an + nanti \rightarrow penantian$

$pe + nganga \rightarrow penganga$

$pe + nyanyi \rightarrow penyanyi$

2. Penambahan fonem, yakni penambahan fonem nasal /m, n, ng, dan nge/ antara prefiks dan bentuk dasar. Penambahan fonem nasal /m/ terjadi apabila bentuk dasarnya diawali oleh konsonan /b/. Contoh:

$pe + baca \rightarrow pembaca$

$pe + bina \rightarrow pembina$

$pe + buru \rightarrow pemburu$

Penambahan fonem nasal /n/ terjadi apabila bentuk dasarnya diawali oleh konsonan /c/, /d/, dan /j/. Contoh:

$pe + cari \rightarrow pencari$

$pe + dengar \rightarrow pendengar$

$pe + jual \rightarrow penjual$

Penambahan fonem nasal /ng/ terjadi apabila bentuk dasarnya diawali dengan konsonan /g, h, dan kh/ dan vokal /a, i, u, e, o/. Contoh:

$pe + gali \rightarrow penggali$

$pe + hambat \rightarrow penghambat$

$pe + khianat \rightarrow pengkhianat$

$pe + angkat \rightarrow pengangkat$

$pe + inap \rightarrow penginap$

$pe + usir \rightarrow pengusir$

$pe + elak \rightarrow pengelak$

$pe + obral \rightarrow pengobral$

Penambahan fonem nasal /nge/ terjadi apabila bentuk dasarnya berupa bentuk dasar satu suku. Contoh:

$pe + bom \rightarrow pengebom$

$pe + cat \rightarrow pengecat$

$pe + lap \rightarrow pengelap$

3. Peluluhan fonem, apabila prefiks *pe-* (atau *pe-an*) diimbuhkan pada bentuk dasar yang diawali dengan konsonan tak bersuara /s, k, p, dan t/. Dalam hal ini konsonan /s/ diluluhkan dengan nasal /ny/, konsonan /k/ diluluhkan dengan nasal /ng/, konsonan /p/ diluluhkan dengan nasal /m/, dan konsonan /t/ diluluhkan dengan nasal /n/. Contoh:

   $pe + saring \rightarrow penyaring$

   $pe + kumpul \rightarrow pengumpul$

   $pe + pilih \rightarrow pemilih$

   $pe + tulis \rightarrow penulis$

2.4.5 Prefiksasi per- dan konfiksasi per-an

Morfofonemik dalam pengimbuhan prefiks *per-* dan konfiks *per-an* dapat berupa: (a) pelesapan fonem /r/ pada prefiks *per-* itu; (b) perubahan fonem /r/ dari prefiks *per-* itu menjadi fonem /l/; dan (c) pengekalan fonem /r/ tetap /r/.

1. Pelesapan fonem /r/ terjadi apabila bentuk dasarnya dimulai dengan fonem /r/, atau suku kata pertamanya /er/. Contoh:

   $per + ringan \rightarrow peringan$

   $per + rendah \rightarrow perendah$

   $per + ternak \rightarrow peternak$

   $per + kerja \rightarrow pekerja$

2. Perubahan fonem /r/ menjadi /l/ terjadi apabila bentuk dasarnya berupa kata *ajar*.

   $per + ajar \rightarrow pelajar$

3. Pengekalan fonem /r/ terjadi apabila bentuk dasarnya bukan yang disebutkan pada poin 1 dan 2 di atas. Contoh:

   $per + kaya \rightarrow perkaya$

   $per + kecil \rightarrow perkecil$

   $per + lambat \rightarrow perlambat$

   $per + tegas \rightarrow pertegas$

2.4.6 Prefiksasi ter-

Morfofonemik dalam proses pengimbuhan dengan prefiks *ter-* dapat berupa: (a) pelesapan fonem /r/ dari prefiks *ter-* itu; (b) perubahan fonem /r/ dari prefiks *ter-* itu menjadi fonem /l/; dan (c) pengekalan fonem /r/ itu.

1. Pelesapan fonem dapat terjadi apabila prefiks *ter-* diimbuhkan pada bentuk dasar yang dimulai dengan konsonan /r/. Misalnya:
   $ter + rasa \rightarrow terasa$
   $ter + rangkum \rightarrow terangkum$
   $ter + rebut \rightarrow terebut$

2. Perubahan fonem /r/ pada prefiks *ter-* menjadi fonem /l/ terjadi apabila prefiks *ter-* itu diimbuhkan pada bentuk dasar *anjur*.
   $ter + anjur \rightarrow telanjur$

3. Pengekalan fonem /r/ pada prefiks *ter-* tetap menjadi /r/ apabila prefiks ter- itu diimbuhkan pada bentuk dasar yang bukan disebutkan pada poin 1 dan 2 di atas. Contoh:
   $ter + dengar \rightarrow terdengar$
   $ter + jauh \rightarrow terjauh$
   $ter + lempar \rightarrow terlempar$
   $ter + baik \rightarrow terbaik$

2.5 Peran Morphological Parser dalam Natural Language Processing[2]

Dalam bahasa Inggris, ketika kita ingin menulis sebuah kata benda plural, untuk sebagian besar kasus kita hanya tinggal menambahkan huruf 's' di belakang kata benda yang dimaksud. Misalnya, kita ingin membuat bentuk plural dari kata 'book' kita hanya perlu menambahkan huruf 's' di belakangnya sehingga menjadi kata 'books' yang merupakan bentuk plural dari 'book'. Namun, hal itu tidak berlaku jika kita ingin membuat bentuk plural dari kata 'baby', 'goose', atau 'fish'. Bentuk plural dari kata 'baby', 'goose', dan 'fish' adalah 'babies', 'geese', dan 'fish'.

Untuk mengenali bentuk 'books' dapat dipisahkan menjadi dua buah morfem 'book' dan 's' diperlukan proses yang disebut dengan **morphological parsing**. Dalam ranah ilmu temu kembali informasi (*information retrieval*), proses yang sama untuk memetakan bentuk 'books' menjadi 'book' disebut dengan *stemming*. Morphological parsing atau stemming tidak hanya dapat memisahkan

bentuk plural dari kata benda, tapi juga dapat untuk bentuk lain seperti bentuk kata kerja berakhiran 'ing' dalam contoh kata 'going', 'talking', dan 'eating'. Ketika dilakukan proses parsing terhadap bentuk tersebut akan didapatkan kata kerja 'go', 'talk', dan 'eat' yang ditambahkan morfem 'ing'.

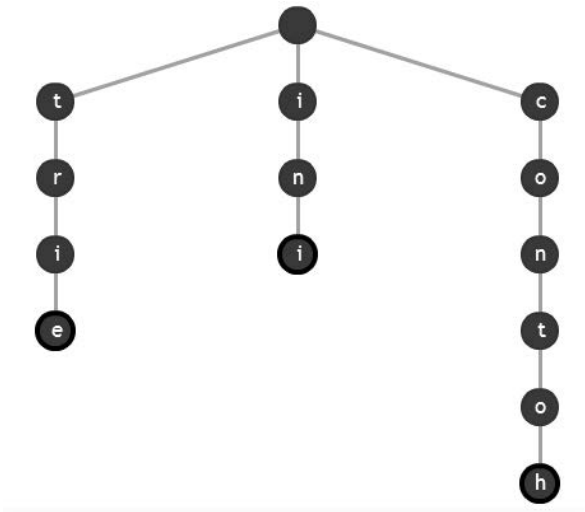
Muncul pertanyaan, kenapa kita tidak simpan saja semua bentuk plural dari semua kata benda dan semua bentuk 'ing' dari semua kata kerja dalam bahasa Inggris yang ada dalam kamus? Alasan utamanya adalah karena bentuk 'ing' adalah sufiks yang sangat produktif, yang berarti bentuk tersebut dapat diterapkan pada semua kata kerja. Sama halnya dengan bentuk plural 's' yang bisa diterapkan di hampir semua kata benda. Oleh karena itu, ide untuk menyimpan semua bentuk plural dan bentuk 'ing' akan sangat tidak efisien.

Morphological parsing dibutuhkan tidak hanya untuk temu kembali informasi. Kita membutuhkan proses tersebut untuk supaya mesin dapat mengerti bahwa kata 'va' dan 'aller' dalam bahasa Perancis keduanya diterjemahkan menjadi kata kerja 'go' dalam bahasa Inggris. Kita juga membutuhkan proses tersebut untuk mengecek ejaan, karena dengan aturan morfologi kita dapat menentukan bahwa kata 'misclam' dan 'antiundoggingly' bukan merupakan kata yang valid dalam bahasa Inggris.

2.6 Struktur Data Trie

Trie adalah struktur data berupa pohon terurut untuk menyimpan suatu himpunan string di mana setiap node pada pohon tersebut mengandung awalan (prefix) yang sama[3]. Kata "trie" berasal dari kata *retrieval* yang berarti pengambilan. Struktur data trie ditemukan oleh seorang professor di MIT bernama Edward Fredkin. Trie sering digunakan pada masalah komputasi yang melibatkan penyimpanan dan pencarian string. Trie memiliki sejumlah keunggulan dibanding struktur data lain untuk memecahkan masalah serupa terutama dalam hal kecepatan dan memori yang digunakan.

Dalam trie, tidak ada node yang menyimpan kunci yang terkait dengan node tersebut, sebaliknya, posisinya di pohon menunjukkan kunci apa yang terkait dengannya. Setiap keturunan dari sebuah node memiliki prefix yang sama dengan string yang diwakilkan oleh node tersebut, dan akar menandakan sebuah string kosong.



Gambar 2.3: Trie dengan kata "trie","ini", dan "contoh"[3]

Gambar 2.3 di atas adalah contoh representasi struktur data trie yang menyimpan tiga buah string, yaitu "trie","ini", dan "contoh". Dari gambar tersebut kita bisa mendapat gambaran mengenai kompleksitas waktu yang diperlukan untuk mencari sebuah kata dalam trie. Jika panjang kata terpanjang dalam trie adalah L, maka untuk mencari sebuah kata dalam trie memerlukan waktu terburuk O(L)

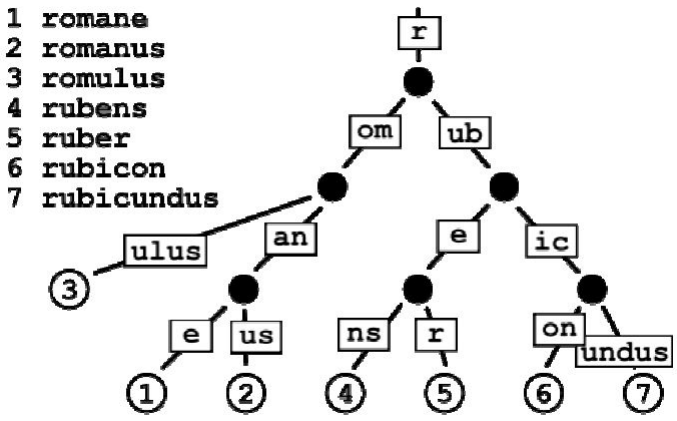
2.6.1 Bitwise Trie

Bitwise trie adalah salah satu variasi dari trie yang memiliki banyak kesamaan dengan trie berbasis karakter biasa, kecuali dalam representasi dengan bit individual yang biasanya digunakan untuk traversal secara efektif dan membentuk sebuah pohon biner. Secara umum, implementasinya menggunakan fungsi khusus CPU untuk dapat secara cepat mencari himpunan bit dengan panjang tertentu. Nilai ini lalu akan digunakan sebagai entri dari tabel dengan indeks 32 atau 64 yang menunujuk kepada elemen pertama dalam bitwise trie dengan sejumlah bilangan 0 di depan. Proses pencarian selanjutnya akan dilakukan dengan mengetes setiap bit dalam kunci dan memilih anak[0] atau anak[1] sesuai aturan hingga pencarian berakhir.

Walaupun proses ini mungkin terdengar lambat, tetapi sangat fleksibel karena kurangnya ketergantungan terhadap *register* dan oleh karena itu pada kenyataannya melakukan eksekusi dengan sangat baik pada CPU modern.

2.6.2 Patricia Trie

PATRICIA adalah variasi lain dari trie yang merupakan singkatan dari Practical Algorithm To Retrieve Information Coded In Alphanumeric. PATRICIA trie sendiri lebih dikenal dengan sebutan *pohon radix* atau *radix tree*. Pohon radix bisa diartikan secara sederhana sebagai trie yang kompleksitas ruangnya lebih efisien, di mana setiap node yang hanya memiliki satu anak digabung dengan anaknya sendiri. Hasilnya adalah setiap node paling dalam paling tidak memiliki 2 anak. Tidak seperti trie biasa, anak bisa diberi label deretan karakter maupun satu karakter. Ini membuat pohon radix jauh lebih efisien untuk jumlah string yang sedikit (terutama jika stringnya cukup panjang) dan untuk himpunan string yang memiliki prefix sama yang panjang.



Gambar 2.4: Pohon radix dengan 7 kata dengan prefix "r"[3]

Pohon radix memiliki fasilitas untuk melakukan operasi-operasi berikut, yang mana setiap operasinya memiliki kompleksitas waktu terburuk O(k), di mana k adalah panjang maksimum string dalam himpunan.

- Pencarian: Mencari keberadaan suatu string pada himpunan string. Operasi ini sama dengan pencarian pada trie biasa kecuali beberapa sisi mengandung lebih dari satu karakter.
- Penyisipan: Menambahkan sebuah string ke pohon. Kita mencari tempat yang tepat di pohon untuk menyisipkan elemen baru. Jika sudah ada sisi yang memiliki prefix sama dengan string masukan, kita akan memisahkan nya menjadi dua sisi dan memprosesnya. Proses pemisahan ini meyakinkan bahwa tidak ada node yang memiliki anak lebih banyak dari jumlah karakter string yang ada.
- Hapus: Menghapus sebuah string dari pohon. Pertama kita menghapus daun yang berkaitan.

Lalu, jika orangtuanya hanya memiliki satu anak lagi, kita menghapus orangtuanya dan menggabungkan sisi yang saling terhubung

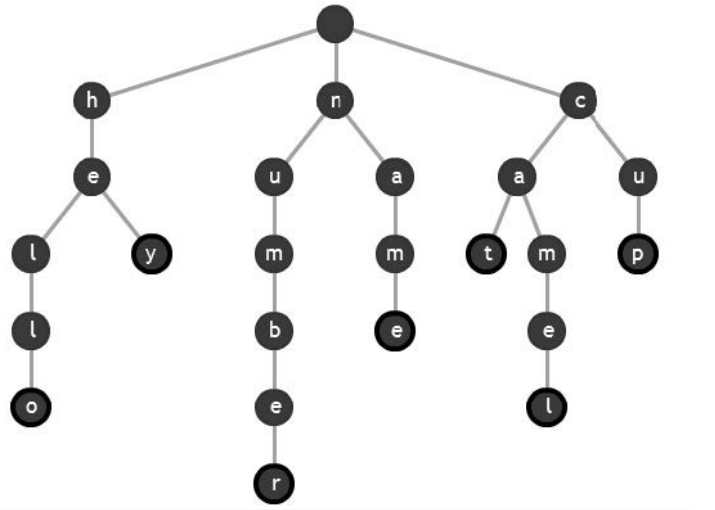
- Cari anak: Mencari string terbesar yang lebih kecil dari string masukan, sesuai dengan urutan alfabet.
- Cari orang tua: Mencari string terkecil yang lebih besar dari string masukan, sesuai dengan urutan alfabet.

Pengembangan yang umum dari pohon radix yaitu menggunakan node dua warna, hitam dan putih. Untuk mengecek apakah sebuah string masukan sudah ada di dalam pohon, pencarian dimulai dari puncak, dan terus menelusuri setiap sisi sampai tidak ada lagi jalan. Jika node akhir dari proses ini berwarna hitam, berarti pencarian gagal, jika node berwarna putih berarti pencarian telah berhasil. Hal ini membuat kita bisa menambahkan string dalam jumlah banyak yang memiliki prefix yang sama dengan elemen di pohon dengan menggunakan node putih, lalu menghapus sejumlah pengecualian untuk mengehemat memori dengan cara menambahkan elemen string baru dengan node hitam.

2.6.3 Implementasi Trie dalam Kamus

Salah satu implementasi dari struktur data trie yang paling populer adalah dalam kamus. Kamus terdiri dari kumpulan kata-kata yang sudah terurut menaik berdasarkan urutan alfabet. Dalam perkembangannya saat ini sudah banyak kamus yang hadir dalam bentuk perangkat lunak, yang bisa digunakan di komputer ataupun di telepon genggam. Kamus dalam bentuk perangkat lunak tentunya memiliki fitur-fitur yang memudahkan pengaksesannya, antara lain pencarian kata dan penambahan kata ke kamus.

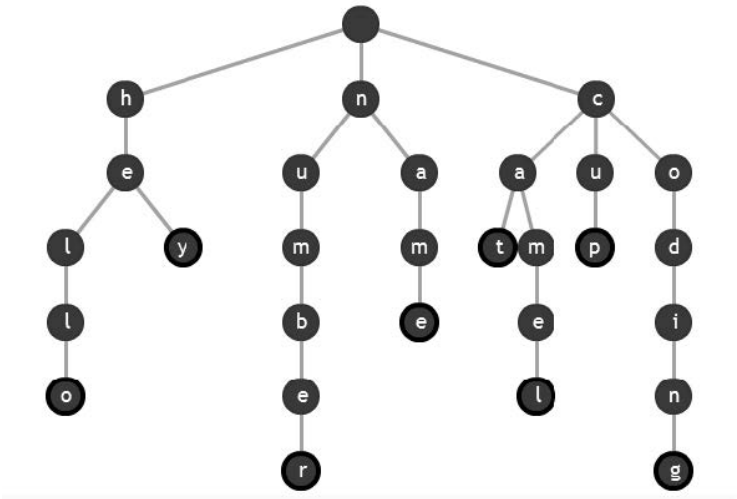
Berikut adalah ilustrasi kamus dengan struktur data trie.



Gambar 2.5: Trie dengan kata "hello","hey","number","name","cat","camel", dan "cup"[3]

Dapat dibayangkan, ketika kita mencari sebuah kata dalam kamus, kita akan mulai dengan karakter pertama dari kata tersebut. Jika tidak ada anak dari akar yang nilainya sama dengan karakter itu, maka langsung disimpulkan kata tidak ada di kamus. Jika ada, akan ditelusuri terus sampai ke dasar dari trie, jika kata ditemukan, maka akan dikembalikan info dari node itu, sedangkan jika tidak ketemu kita bisa mengembalikan kata yang memiliki prefix sama dengan kata yang dicari sebagai saran pencarian.

Sementara itu penambahan kata akan berakibat penambahan cabang baru bila kata itu belum ada sebelumnya.



Gambar 2.6: Penambahan kata "coding" pada trie di gambar 2.5[3]

2.6.4 Keunggulan Trie dibandingkan Struktur Data Lain

Trie sebagai turunan dari pohon memiliki keunggulan dibandingkan stuktur data yang sering digunakan untuk persoalan yang sama, yakni pohon pencarian biner dan tabel hash.

Berikut keunggulan utama trie dibandingkan pohon pencarian biner:

- Pencarian kunci dengan trie lebih cepat. Mencari sebuah kunci dengan panjang m menghabiskan waktu dengan kasus terburuk O(m). Pohon pencarian biner melakukan O(log(n)) perbandingan kunci, dimana n adalah jumlah elemen di dalam pohon, karena pencarian pada pohon biner bergantung pada kedalaman pohon, yang mana bernilai logaritmik terhadap jumlah kunci pencarian apabila pohonnya seimbang. Oleh karena itu pada kasus terburuk, sebuah pohon biner menghabiskan waktu O(m log n), yang mana pada kasus terburuk juga log n akan mendekati m. Operasi sederhana yang digunakan trie pada saat pencarian karakter, seperti penggunaan array index menggunakan karakter, juga membuat pencarian dengan trie menjadi lebih cepat.

- Trie menggunakan ruang lebih sedikit jika memuat string pendek dalam jumlah besar, karena kunci tidak disimpan secara eksplisit dan node dipakai bersama oleh kunci yang memiliki prefix yang serupa.

- Trie bisa memiliki fitur untuk menghitung kesamaan prefix terpanjang, yang membantu untuk mencari pengunaan kunci bersama terpanjang dari karakter-karakter yang unik.

Berikut keunggulan utama trie dibanding tabel hash:

- Trie bisa melakukan pencarian kunci yang paling mirip hampir sama cepatnya dengan pencarian kunci yang tepat, sementara tabel hash hanya bisa mencari kunci yang sama tepat karena tidak menyimpan hubungan antara kunci.

- Trie lebih cepat secara rata-rata untuk menyisipkan elemen baru dibandingkan dengan tabel hash. Hal ini terjadi karena tabel hash harus membangun ulang indeksnya ketika tabel sudah penuh, yang mana menghabiskan waktu sangat banyak. Oleh karena itu, trie memiliki kompleksitas waktu terburuk yang batasnya lebih konsisten, yang mana merupakan salah satu unsur penting pada jalannya sebuah program.

- Trie bisa diimplementasikan sedemikian sehingga tidak memerlukan memori tambahan. Tabel hash harus selalu memliki memori tambahan untuk menyimpan pengindeksan tabel hash.

- Pencarian kunci bisa jauh lebih cepat jika fungsi hashing dapat dihindarkan. Trie bisa menyimpan kunci bertipe integer maupun pointer tanpa perlu membuat fungsi hashing sebelumnya. Hal ini membuat trie lebih cepat daripada tabel hash pada hampir setiap kasus karena fungsi hash yang baik sekalipun cenderung overhead ketika melakukan hashing pada data yang hanya berukuran 4 sampai 8 byte.

- Trie bisa menghitung kesamaan prefix terpanjang, sedangkan tabel hash tidak.

BAB 3

ANALISIS

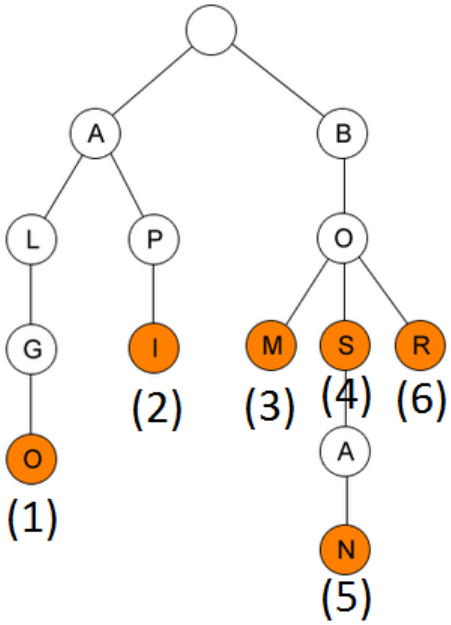
Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil analisis yang dilakukan untuk penelitian ini, yaitu analisis mengenai leksikon, proses morphological parsing, morfotaktik, use case dan skenario dari perangkat lunak, dan yang terakhir diagram kelas dari perangkat lunak yang akan dibangun.

3.1 Leksikon

Leksikon, seperti ditulis pada subbab 2.2.3, dapat dipadankan dengan istilah *kosakata* atau *perbendaharaan kata*. Leksikon dibutuhkan pada proses *morphological parsing* untuk mengetahui apakah sebuah kata yang sedang diproses adalah sebuah kata dasar yang valid atau tidak dalam bahasa Indonesia. Leksikon menyimpan kumpulan kata dasar dan turunannya untuk nantinya diakses ketika proses *morphological parsing* dilakukan. Kata turunan adalah kata yang merupakan hasil dari proses morfologi berupa afiksasi, reduplikasi, dan komposisi dari kata dasar yang bersangkutan.

Leksikon dalam proses *morphological parsing* harus bisa diakses dengan cepat dan efektif. Hal ini dikarenakan leksikon akan diakses sangat sering dalam proses ini. Leksikon akan diakses sekitar 3-5 kali untuk setiap kata yang sedang diproses. Oleh karena itu, leksikon perlu disimpan pada struktur data yang memungkinkan waktu akses yang cepat supaya keseluruhan proses dapat dijalankan dalam waktu yang masuk akal.

Struktur data yang saat ini terkenal paling cepat untuk diakses adalah struktur data *trie*. Trie adalah struktur data berbentuk pohon yang menyimpan himpunan string yang jika ditelusuri setiap node mulai dari akar hingga daun akan membentuk suatu string yang merupakan kunci yang kita cari. Setiap string yang dihasilkan dari node awal yang sama akan mempunyai awalan (prefiks) yang sama, karena itulah trie disebut juga pohon prefiks.



Gambar 3.1: Struktur data trie

Struktur data trie yang digambarkan pada bagan 3.1 menyimpan enam string kunci dari dua buah awalan, yaitu string "A" dan "B". Jika kita telusuri dari node akar "A" sampai node daun "O", kita akan mendapat string "ALGO" yang ditandai dengan nomor (1). String lain yang disimpan pada contoh tersebut adalah string "API" pada nomor (2), string "BOM" pada nomor (3), string "BOS" pada nomor (4), string "BOSAN" pada nomor (5), dan string "BOR" pada nomor (6).

Perlu diperhatikan bahwa sebuah string kunci tidak harus disimpan dengan node terakhir ada pada posisi daun, seperti pada string "BOS" pada nomor 4. Node terakhir pada string tersebut merupakan node internal. Penyimpanan seperti ini bisa dilakukan dengan menandai setiap node yang merupakan akhir dari sebuah string yang membentuk kata.

Ada dua jenis kata yang disimpan dalam leksikon, yaitu kata dasar dan kata turunan. Contoh kata dasar adalah kata 'sapu', 'makan', dan 'kerja' sementara contoh kata turunan adalah kata 'menyapu', 'makan-makan', dan 'kerja bakti'. Kata-kata turunan ini adalah kata yang merupakan hasil dari proses morfologi berupa afiksasi, reduplikasi, atau komposisi. Kata turunan disimpan sebagai bagian dari kata dasar dan dapat diakses ketika dibutuhkan.

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, ada beberapa kata yang merupakan hasil dari proses morfologi yang sudah diserap dan dianggap sebagai sebuah kata dasar. Contohnya adalah kata 'gerigi' yang merupakan hasil penyisipan infiks -er- pada kata 'gigi', kata 'abu-abu' yang merupakan hasil reduplikasi dari kata 'abu', dan kata 'rumah sakit' yang merupakan hasil komposisi dari kata 'rumah' dan kata 'sakit'. Dalam kasus tersebut, untuk kata yang merupakan hasil penyisipan infiks

akan disimpan sebagai sebuah kata dasar dalam leksikon sementara untuk kata yang merupakan hasil reduplikasi dan komposisi akan disimpan sebagai kata turunan dari kata dasar yang bersangkutan.

Untuk kata turunan yang merupakan hasil afiksasi berupa pengimbuhan klitika, kata tersebut tidak disimpan sebagai bentuk turunan dalam leksikon karena dianggap terlalu produktif. Contohnya adalah kata 'bukumu' tidak disimpan sebagai bentuk turunan dari kata 'buku' dan kata 'mobilnya' tidak disimpan sebagai bentuk turunan dari kata 'mobil'. Sementara ada kasus di mana klitika *-nya* merupakan bagian dari konfiks *se-nya*, di mana konfiks adalah gabungan antara prefiks dan sufiks yang diimbuhkan secara bersamaan. Timbul kerancuan apakah *-nya* di sini akan dianggap sebagai klitika atau sufiks. Untuk penelitian kali ini, bentuk *-nya* akan dianggap sebagai klitika karena *-nya* sebagai klitika dianggap lebih produktif daripada sebagai sufiks dalam kesatuan konfiks *se-nya*.

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia Dalam Jaringan (KBBI daring)[1], kata dasar dan kata turunan disimpan secara terpisah namun keduanya dapat dicari melalui kolom pencarian. Sementara pada Kamus Besar Bahasa Indonesia Luar Jaringan (KBBI luring)[2], hanya kata dasar saja yang bisa dicari melalui kolom pencarian namun semua kata turunannya juga disimpan sebagai bagian dari sebuah kata dasar. Pada penelitian kali ini akan digunakan struktur penyimpanan dan pencarian seperti pada KBBI luring.

Struktur penyimpanan seperti pada KBBI luring memungkinkan untuk mengenali perbedaan antara kata dasar dan kata yang telah melalui proses morfologi seperti afiksasi, reduplikasi, dan komposisi. Perangkat lunak yang dirancang pada penelitian ini harus dapat menentukan apakah sebuah kata merupakan kata dasar yang valid atau tidak dalam bahasa Indonesia. Pencarian kata dasar dalam leksikon harus dapat melakukan hal tersebut sehingga pencarian hanya bisa dilakukan terhadap kata dasar saja dan tidak dengan kata turunannya. Kata turunan perlu disimpan dalam leksikon untuk melakukan validasi terhadap hasil dari proses parsing yang dilakukan oleh perangkat lunak.

3.2 Proses *Morphological Parsing*

Pada subbab 2.3 telah dibahas mengenai proses morfologi, yang pada dasarnya adalah proses pembentukan kata melalui beberapa proses, yaitu pembubuhan afiks (afiksasi), pengulangan (reduplikasi), dan penggabungan (komposisi). Proses *morphological parsing* merupakan kebalikan dari proses morfologi. Masukan bagi proses *morphological parsing* adalah kata atau kalimat yang

[1] https://kbbi.kemdikbud.go.id/
[2] http://ebsoft.web.id/kbbi-kamus-besar-bahasa-indonesia-offline-gratis/

telah melalui proses morfologi dan keluarannya adalah komponen-komponen penyusunnya.

Proses *morphological parsing* untuk setiap kata dalam masukan dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Periksa leksikon, jika kata tersebut ada dalam leksikon, masukkan sebagai salah satu kemungkinan keluaran
2. Periksa adanya kemungkinan afiks, baik itu prefiks, sufiks, maupun konfiks. Pisahkan afiks yang ditemukan dengan komponen kata yang lain dan lakukan proses parsing pada komponen kata tersebut
3. Periksa adanya simbol penghubung (-), yang menandakan hasil proses reduplikasi, lalu lakukan proses parsing terhadap bentuk dasar dari kata tersebut
4. Jika ada kata yang mengikuti, periksa kemungkinan kata yang sedang diproses dan kata yang mengikuti adalah dua kata hasil komposisi dengan melakukan pengecekan terhadap bentuk dasar dari kata tersebut

Leksikon yang dibuat dalam perangkat lunak ini juga menyimpan kata turunan yang valid dari setiap kata dasar yang ada. Setelah proses parsing selesai dilakukan, leksikon dapat melakukan validasi apakah kata turunan yang sudah diproses benar merupakan kata turunan yang valid dari kata dasar yang bersangkutan.

Sebagai contoh, jika dilakukan proses *morphological parsing* pada kata 'kemerah-merahan', maka prosesnya adalah sebagai berikut:

- Periksa leksikon, kata tersebut tidak ditemukan dalam leksikon
- Periksa kemungkinan afiks, ditemukan kemungkinan konfiks {ke-an} dan klofiks {ke-an}, lakukan proses parsing terhadap kata 'merah-merah'
- Ditemukan simbol penghubung (-) sehingga diketahui kata tersebut adalah hasil proses reduplikasi. Pisahkan kata dan lakukan proses parsing sehingga didapat hasilnya adalah reduplikasi dari kata dasar 'merah'
- Didapat dua kemungkinan hasil, yaitu reduplikasi kata 'merah' diikuti konfiksasi {ke-an} dan reduplikasi kata 'merah' diikuti klofiksasi {ke-an}
- Lakukan validasi pada leksikon, dan didapatkan kata turunan yang valid adalah reduplikasi kata 'merah' diikuti konfiksasi {ke-an}

- Hasil akhir proses parsing adalah bentuk dasar {merah} + reduplikasi + konfiks {ke-an}

Untuk kata dengan kemungkinan hasil parsing lebih dari satu, seperti kata 'beruang', prosesnya adalah sebagai berikut:

- Periksa leksikon, ditemukan bentuk dasar {beruang}, masukkan sebagai salah satu kemungkinan keluaran
- Periksa kemungkinan afiks pada kata 'beruang'
- Didapatkan prefiks {ber-} + bentuk dasar {uang}, masukkan sebagai salah satu kemungkinan keluaran
- Periksa kemungkinan adanya fonem yang dilesapkan pada bentuk dasar, yaitu fonem 'r', dan didapatkan prefiks {ber-} + bentuk dasar {ruang}, masukkan sebagai salah satu kemungkinan keluaran
- Lakukan validasi pada leksikon terhadap kata turunan dari bentuk dasar {uang} dan {ruang}
- Hasil akhir proses parsing adalah bentuk dasar {beruang}, prefiks {ber-} + bentuk dasar {uang}, dan prefiks {ber-} + bentuk dasar {ruang}

Bentuk-bentuk yang tidak secara khusus ada dalam bahasa Indonesia seperti angka, nama orang, dan kata dalam bahasa asing ditulis sebagai *bentuk asing* dalam keluaran dari proses parsing.

Beberapa contoh yang sudah dibahas di atas adalah contoh proses parsing yang dilakukan pada sebuah kata dalam bahasa Indonesia. Perangkat lunak *morphological parser* yang dirancang pada penelitian ini akan dapat memproses tidak hanya kata tapi juga kalimat dan paragraf yang ditulis dalam bahasa Indonesia. Proses parsing pada kalimat dan paragraf memerlukan beberapa langkah tambahan yaitu:

1. Hilangkan tanda baca yang tidak diperlukan dalam proses parsing. Tanda baca yang diperlukan dalam proses parsing hanya tanda baca penghubung kata (-) sebagai tanda hasil proses reduplikasi
2. Gantikan tanda baca yang dihilangkan dengan karakter kosong ("")
3. Pisahkan setiap kata berdasarkan karakter spasi yang memisahkan kata supaya proses parsing dapat dilakukan untuk setiap kata yang sudah dipisahkan

3.3 Morfotaktik

Pada subbab 2.2.3 dan 2.2.4 telah dijelaskan mengenai morfem dasar dan morfem afiks. Morfem dasar adalah morfem yang dapat menjadi dasar dalam suatu proses morfologi. Sementara morfem afiks adalah morfem yang tidak dapat menjadi dasar dalam pembentukan kata, tetapi hanya menjadi unsur pembentuk dalam proses afiksasi. Kedua morfem tersebut dapat digabungkan dalam proses morfologi berupa proses afiksasi untuk membentuk sebuah kata. Proses penggabungan antara kedua morfem tersebut tidak boleh dilakukan secara sembarangan sehingga diperlukan aturan khusus yang mengatur penggabungan antara morfem dasar dan morfem afiks. Aturan ini disebut dengan morfotaktik.

Morfem afiks terdiri dari prefiks, sufiks, dan konfiks. Jenis-jenis prefiks adalah prefiks *ber-*, prefiks *me-*, prefiks *per-*, prefiks *pe-*, prefiks *di-*, prefiks *ter-*, prefiks *se-*, dan prefiks *ke-*. Jenis-jenis sufiks adalah sufiks *-kan*, sufiks *-i*, dan sufiks *-an*. Jenis-jenis konfiks adalah konfiks *ke-an*, konfiks *ber-an*, konfiks *pe-an*, konfiks *per-an*, dan konfiks *se-nya*. Bahasa Indonesia membolehkan sebuah kata untuk dibentuk dengan dua buah prefiks, seperti contoh kata 'memperkuat' yang dibentuk dari kata dasar 'kuat' dengan dua buah prefiks, yaitu prefiks *me-* dan prefiks *per-*. Afiks yang diletakkan sebelum prefiks ini akan disebut dengan *preprefiks*.

Selain afiks yang sudah disebutkan, ada juga morfem afiks yang disebut dengan klitika. Berdasarkan letaknya, dibedakan adanya *proklitika*, yaitu klitika yang berposisi di sebelah kiri kata yang diikuti dan *enklitika* adalah klitika yang berposisi di belakang kata yang dilekati. Contoh proklitika adalah klitika *ku-* dan *kau-* dalam bentuk *kubawa* dan *kauambil*. Sementara contoh enklitika adalah klitika *-ku*, *-mu*, *-nya*, dan *-lah* pada bentuk *bukuku*, *nasibmu*, *duduknya*, dan *pergilah*. Secara pertuturan, klitika pada umumnya diletakkan di paling kiri atau di paling kanan dari sebuah kata, sehingga tidak mungkin ada morfem afiks atau morfem dasar lain yang diletakkan di sebelah kiri proklitika atau di sebelah kanan enklitika pada sebuah kata.

Aturan morfotaktik tidak hanya mengatur tentang proses penggabungan antara morfem dasar dengan morfem afiks, namun juga mengatur tentang proses pengulangan morfem dasar dalam proses reduplikasi dan proses penggabungan antara morfem dasar dengan morfem dasar lain dalam proses komposisi. Proses reduplikasi dan komposisi pun tidak boleh dilakukan secara sembarangan sehingga proses tersebut perlu juga diatur dalam aturan morfotaktik.

Aturan morfotaktik yang digunakan pada penelitian ini akan dijelaskan melalui tabel. Akan ada beberapa tabel untuk mewakili setiap jenis morfem, yaitu preprefiks, prefiks, akar, sufiks, dan

konfiks. Setiap tabel akan menunjukkan komponen tersebut boleh didahului oleh komponen apa saja dan boleh diikuti oleh komponen apa saja. Komponen 'null' berarti boleh tidak didahului atau diikuti oleh komponen apapun. Berikut adalah tabel aturan morfotaktik untuk preprefiks, prefiks/konfiks, akar, dan sufiks/konfiks.

Pendahulu	**Preprefiks**	**Pengikut**
proklitika null	me- di-	per- ke- ber- ter-
proklitika null	pe-	ber-
proklitika null	ke-	ber- pe-
proklitika null	ber-	ke- pe-

Tabel 3.1: Tabel Aturan Morfotaktik untuk Preprefiks

Pendahulu	**Prefiks/Konfiks**	**Pengikut**
proklitika me- di- null	per- ter-	akar
proklitika null	me- di- se-	akar
proklitika me- di- ber- null	ke-	akar
proklitika me- di- pe- ke- null	ber-	akar
proklitika ke- ber- null	pe-	akar

Tabel 3.2: Tabel Aturan Morfotaktik untuk Prefiks atau Konfiks

Pendahulu	Akar	Pengikut
proklitika	akar	konfiks
prefiks		sufiks
null		reduplikasi
		komposisi
		enklitika
		null

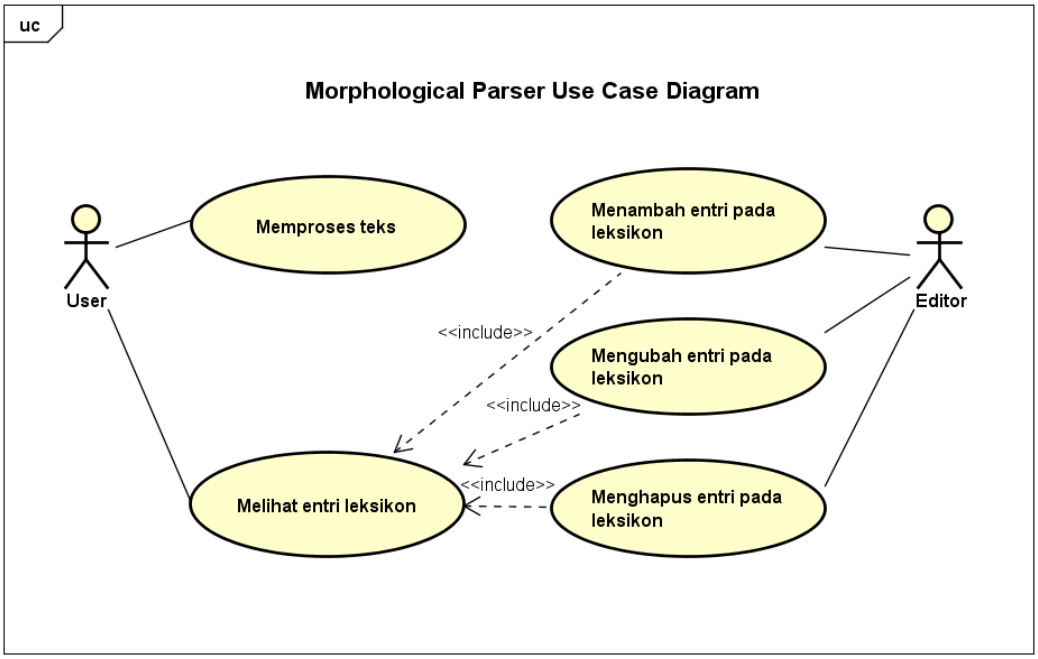
Tabel 3.3: Tabel Aturan Morfotaktik untuk Akar

Pendahulu	Sufiks/Konfiks	Pengikut
akar	-kan	reduplikasi
	-an	komposisi
	-i	enklitika
		null

Tabel 3.4: Tabel Aturan Morfotaktik untuk Sufiks atau Konfiks

3.4 Analisis Use Case

Perangkat lunak *morphological parser* yang akan dibangun dapat memproses masukan berupa teks dalam bahasa Indonesia yang dapat dimasukkan ke dalam perangkat lunak melalui dua cara, melalui kolom masukan dan melalui file teks. Perangkat lunak juga memiliki leksikon yang isinya dapat dilihat oleh user. Selain itu, terdapat user khusus yang disebut dengan editor yang dapat melakukan penambahan, pengubahan, dan penghapusan entri pada leksikon melalui perangkat lunak ini. Fitur-fitur ini dapat digambarkan dalam diagram use case pada gambar 3.2.



Gambar 3.2: Diagram use case perangkat lunak morphological parser

Dari diagram tersebut dapat dituliskan use case scenario sebagai berikut:

MEMPROSES TEKS

Name: Memproses teks

Actors: User

Goals: User berhasil memproses teks melalui sistem

Precondition: Teks sudah disiapkan

Steps:

Actor actions	System responses
1. User memilih pilihan untuk memasukkan teks melalui file	
	2. Sistem menampilkan kotak dialog untuk memilih file
3. User mengarahkan kotak dialog ke direktori tempat file teks masukan	
4. User menekan tombol "OK"	
	5. Sistem menampilkan isi file ke dalam kolom masukan
6. User menekan tombol "Proses"	
	7. Sistem menampilkan hasil proses ke dalam kolom keluaran

Alternate flow:

Actor actions	System responses
1a. User menulis teks ke dalam kolom masukan 2a. User menekan tombol "Proses"	3a. Sistem menampilkan hasil proses ke dalam kolom keluaran

MELIHAT ENTRI LEKSIKON

Name: Melihat entri leksikon

Actors: User

Goals: User dapat melihat semua entri leksikon yang ada dalam sistem

Precondition: Sistem sudah memuat leksikon ke dalam program

Steps:

Actor actions	System responses
1. User memilih pilihan untuk melihat leksikon	2. Sistem menampilkan leksikon yang ada dalam sistem

MENAMBAH ENTRI PADA LEKSIKON

Name: Menambah entri pada leksikon

Actors: Editor

Goals: Editor berhasil menambah entri pada leksikon

Precondition: Sistem sudah memuat leksikon ke dalam program

Steps:

Actor actions	System responses
1. Editor memilih pilihan untuk menambah entri pada leksikon	2. Sistem menampilkan form untuk menambah entri pada leksikon
3. Editor mengisikan entri baru pada form 4. Editor menekan tombol "OK"	5. Sistem mengeluarkan keterangan "Entri berhasil dimasukkan"

Alternate flow:

Actor actions	System responses
	5a. Sistem mengeluarkan keterangan "Format pengisian entri salah, ulangi lagi"

MENGUBAH ENTRI PADA LEKSIKON

Name: Mengubah entri pada leksikon

Actors: Editor

Goals: Editor berhasil mengubah entri pada leksikon

Precondition: Sistem sudah memuat leksikon ke dalam program

Steps:

Actor actions	System responses
1. Editor memilih entri leksikon yang akan diubah	
2. Editor memilih pilihan untuk mengubah entri pada leksikon	3. Sistem menampilkan form untuk mengubah entri pada leksikon
4. Editor melakukan perubahan entri pada form	
5. Editor menekan tombol "OK"	6. Sistem mengeluarkan keterangan "Entri berhasil diubah"

Alternate flow:

Actor actions	System responses
	6a. Sistem mengeluarkan keterangan "Format pengisian entri salah, ulangi lagi"

MENGHAPUS ENTRI PADA LEKSIKON

Name: Menghapus entri pada leksikon

Actors: Editor

Goals: Editor berhasil menghapus entri pada leksikon

Precondition: Sistem sudah memuat leksikon ke dalam program

Steps:

Actor actions	System responses
1. Editor memilih entri leksikon yang akan dihapus	
2. Editor memilih pilihan untuk menghapus entri pada leksikon	3. Sistem menampilkan kotak dialog persetujuan menghapus entri
4. Editor menekan tombol "OK"	5. Sistem mengeluarkan keterangan "Entri berhasil dihapus"

3.5 Diagram Kelas

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kelas-kelas yang akan dibuat untuk perangkat lunak morphological parser adalah sebagai berikut.

Kelas Parser berfungsi untuk melakukan proses parsing terhadap sebuah kalimat atau paragraf dalam bahasa Indonesia.

Atribut yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *parseResult*: bertipe String dan menyimpan hasil parsing dari kalimat atau paragraf yang menjadi masukan
- *lexicon*: bertipe objek dari kelas Lexicon dan merupakan objek yang digunakan oleh kelas Parser untuk mengakses fitur leksikon dari perangkat lunak

Method yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *Parser*: konstruktor tanpa parameter untuk membuat objek dari kelas Parser.
- *isRootWord*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe boolean untuk menentukan apakah kata yang ada di parameter merupakan kata dasar atau bukan. Method ini memanggil method searchInTree dari kelas Lexicon.
- *processFromText*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe String untuk melakukan proses parsing terhadap teks yang ada di parameter.
- *processFromFile*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe String untuk melakukan proses parsing terhadap isi file dari path yang ada di parameter.
- *checkPrefiks*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak prefiks dalam String kata yang diberikan di parameter.
- *checkSufiks*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak sufiks dalam String kata yang diberikan di parameter.
- *checkRedup*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan reduplikasi pada String kata yang diberikan di parameter.
- *checkKonfiks*: method tanpa parameter dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan adanya kemungkinan kombinasi prefiks dan sufiks yang membentuk konfiks pada atribut hasil parsing.
- *checkKomposisi*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan komposisi pada String kata yang diberikan di parameter.

- *checkKomposisi*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan kemungkinan komposisi antara kata yang sedang diproses dengan String kata yang diberikan di parameter.

Kelas Lexicon berfungsi untuk menyimpan kumpulan kata dasar dan kata turunan yang digunakan selama proses morphological parsing berlangsung.

Atribut yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *roots*: bertipe array of Node dan menyimpan kumpulan akar dari pohon node yang menyimpan kata dasar yang valid dalam bahasa Indonesia
- *components*: bertipe array of String dan menyimpan kumpulan kata turunan untuk setiap kata dasar dalam bahasa Indonesia

Method yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *Lexicon*: konstruktor tanpa parameter untuk membuat objek dari kelas Lexicon.
- *insertRoot*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk memasukkan sebuah kata dasar baru ke dalam leksikon.
- *updateRoot*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk mengubah kata dasar lama dalam parameter menjadi kata dasar baru dalam parameter.
- *deleteRoot*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk menghapus sebuah kata dasar dalam parameter.
- *insertComponent*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk memasukkan sebuah kata turunan baru dalam parameter ke kata dasar dalam parameter.
- *updateComponent*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk mengubah kata turunan lama dalam parameter menjadi kata turunan baru dalam parameter untuk kata dasar dalam parameter.
- *deleteComponent*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk menghapus sebuah kata turunan dalam parameter dari kata dasar dalam parameter.
- *searchInTree*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe boolean untuk mencari kata dasar di parameter dalam pohon Node.

- *printAllWordInTree*: method tanpa parameter dan kembalian bertipe String untuk mencetak semua kata yang disimpan dalam pohon Node ke dalam sebuah String.

Kelas Node berfungsi untuk menyimpan satu karakter dalam pohon Node.

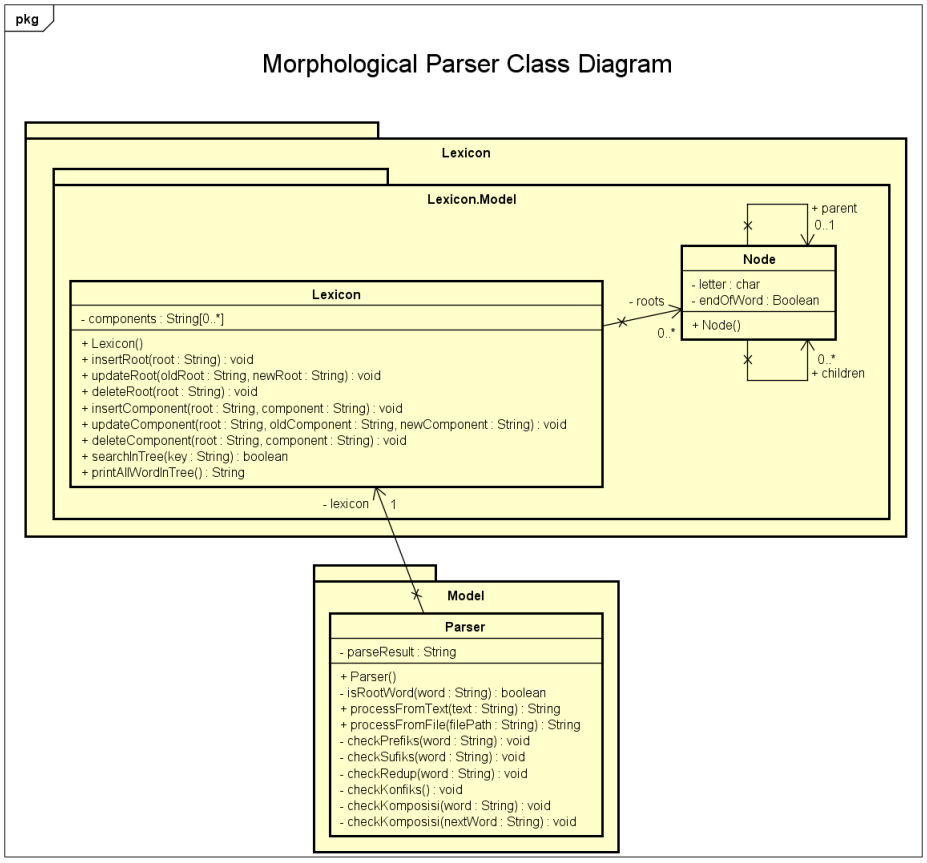
Atribut yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *letter*: bertipe char dan menyimpan sebuah karakter
- *endOfWord*: bertipe boolean dan menyimpan keterangan apakah node ini merupakan karakter akhir dari sebuah kata dalam pohon atau tidak
- *children*: bertipe array of Node dan menyimpan kumpulan node yang merupakan anak dari node ini
- *parent*: bertipe node dan menyimpan sebuah node yang merupakan parent dari node ini

Method yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *Node*: konstruktor tanpa parameter untuk membuat objek dari kelas Node.

Gambar 3.3 berikut adalah diagram kelas awal yang dibuat untuk perangkat lunak ini.



Gambar 3.3: Diagram kelas awal perangkat lunak morphological parser

BAB 4

PERANCANGAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai beberapa perancangan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu perancangan struktur penyimpanan leksikon, syntax keluaran proses morphological parsing, antarmuka perangkat lunak, diagram kelas lengkap dari perangkat lunak, dan yang terakhir adalah diagram aktivitas dari perangkat lunak yang akan dibangun.

4.1 Struktur Penyimpanan Leksikon

Leksikon yang dirancang pada perangkat lunak morphological parser ini akan menyimpan kata dasar dan kata turunan yang valid dalam bahasa Indonesia. Kata dasar secara khusus akan dimuat ke dalam program dalam sebuah struktur data trie supaya dapat diakses dengan cepat dan efektif. Sementara kata turunan akan diakses setelah proses parsing selesai untuk melakukan validasi terhadap hasil dari proses parsing. Kata dasar dan kata turunan tersebut harus disimpan dalam file khusus supaya dapat dimuat dan diakses oleh program ketika program dijalankan.

Semua kata dasar disimpan pada sebuah file yang bernama 'roots' berekstensi '.lxc' pada sebuah folder dalam program. Setiap entri kata dasar dipisahkan oleh karakter enter dan disimpan terurut berdasarkan urutan abjad. Untuk menyimpan kata turunan dari setiap kata dasar, dibuat sebuah file khusus dengan nama file sama dengan kata dasar dan berekstensi '.lxc' yang disimpan pada folder yang sama. Isi dari setiap file tersebut adalah kata dasar diikuti oleh semua kemungkinan kata turunan yang dapat dibentuk dari kata dasar yang bersangkutan.

Seperti dibahas pada subbab 2.5, penyimpanan kata turunan tidak bisa dilakukan dengan menulis semua bentuk turunan secara langsung karena akan sangat tidak efisien, terutama untuk bentuk turunan dari afiks yang sangat produktif seperti prefiks *ber-* dan prefiks *me-*. Perlu struktur khusus untuk menyimpan semua kata turunan dengan efisien dalam setiap file kata dasar. Oleh karena itu, dirancang beberapa lambang leksikon seperti dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Bentuk	Lambang leksikon
Komposisi	@
Reduplikasi	^
Prefiks	[
Sufiks	]
Konfiks	# ..-..

Tabel 4.1: Tabel Lambang Bentuk Turunan dalam Leksikon

Untuk menyimpan kata turunan 'sayur bening' yang merupakan hasil proses komposisi dari kata 'sayur' digabung dengan kata 'bening', kita bisa menambahkan bentuk '@bening' dalam file 'sayur.lxc'. Untuk menyimpan kata 'sayur-mayur' yang merupakan hasil reduplikasi berubah bunyi dari kata 'sayur', kita bisa menuliskan bentuk '^mayur'. Sementara untuk bentuk turunan hasil dari proses prefiksasi dan sufiksasi seperti kata 'menyayur' dan 'sayuran', dapat disimpan dalam bentuk '[me' dan ']an'. Untuk kata yang merupakan hasil dari proses konfiksasi seperti kata 'kesatuan', kita bisa menyimpannya dalam file 'satu.lxc' dengan bentuk '# ke-an'.

Suatu kata turunan dapat dibentuk dari lebih dari satu proses morfologi, misalnya kata 'sayur-sayuran' merupakan kata dasar 'sayur' yang dilakukan reduplikasi utuh menjadi 'sayur-sayur' lalu dibubuhkan sufiks *-an* menjadi bentuk 'sayur-sayuran'. Untuk menyimpan bentuk tersebut, setiap proses dapat dipisahkan dengan simbol '+' dengan proses yang lebih dulu dikerjakan ditulis lebih dahulu. Untuk menyimpan bentuk reduplikasi utuh, kita bisa menyimpannya dengan bentuk '^2'. Kata turunan 'sayur-sayuran' disimpan dalam file 'sayur.lxc' dengan bentuk '^2+]an'. Untuk kasus kata yang merupakan hasil dari proses reduplikasi dan afiksasi, penulisan bentuk turunan selalu proses reduplikasi ditulis lebih dahulu baru diikuti oleh proses afiksasi.

Gambar 4.1 berikut adalah contoh isi dari file 'sayur.lxc' yang berisi semua kata turunan dari kata dasar 'sayur'.

```
1 sayur
2 @asam
3 @bening
4 ^mayur
5 [me
6 ]an
7 ^2+]an
8
```

Gambar 4.1: Isi dari file sayur.lxc

Pada kasus di mana terdapat lebih dari satu prefiks seperti pada kata 'memperkuat', maka prefiks yang lebih dulu dibubuhkan pada kata dasar ditulis terlebih dahulu. Kata 'memperkuat' disimpan dalam file 'kuat.lxc' dengan bentuk '[per+[me'. Sementara untuk kasus pada proses

klofiksasi, di mana ada prefiks dan sufiks yang diimbuhkan tetapi pengimbuhannya tidak sekaligus, urutan penulisannya adalah sufiks ditulis lebih dahulu dari prefiks. Contohnya pada kata 'berlarian' disimpan dalam file 'lari.lxc' dalam bentuk ']an+[ber'.

Pada kasus kata yang merupakan hasil dari proses komposisi dan prefiksasi, seperti pada kata 'bekerja bakti', proses yang lebih dulu ditulis adalah proses yang melekat pada kata dasarnya yaitu proses prefiksasi *ber-* pada kata 'kerja'. Kata 'bekerja bakti' disimpan dalam file 'kerja.lxc' dengan bentuk '[ber+@bakti'. Sementara pada contoh kasus kata yang merupakan hasil dari proses komposisi dan konfiksasi, seperti pada kata 'pertanggungjawaban', proses yang lebih dulu ditulis adalah proses komposisi kata 'tanggung' dengan kata 'jawab'. Kata 'pertanggungjawaban' disimpan dalam file 'tanggung.lxc' dengan bentuk '@jawab+# per-an'. Hal ini berlaku juga untuk kata yang merupakan hasil dari proses komposisi dan klofiksasi, seperti pada kata 'menanggungjawabi' yang disimpan dengan bentuk '@jawab+]i+[me'.

4.2 Syntax Keluaran Proses Morphological Parsing

Pada subbab 2.2 disebutkan bahwa dalam konvensi linguistik sebuah bentuk dinyatakan sebagai morfem ditulis dalam kurung kurawal ({...}). Proses morphological parsing merupakan proses memisahkan sebuah kata menjadi morfem-morfem penyusunnya. Oleh karena itu, keluaran dari proses morphological parsing sebaiknya mengikuti konvensi linguistik di mana setiap morfem penyusun kata ditulis dalam kurung kurawal ({...}).

Morfem penyusun kata dalam proses morfologi dapat terdiri dari beberapa jenis, yaitu morfem dasar dan morfem afiks dalam proses afiksasi, morfem dasar dengan dirinya sendiri dalam proses reduplikasi, dan morfem dasar dengan morfem dasar lain dalam proses komposisi. Morfem afiks dibagi menjadi tiga jenis, yaitu prefiks, sufiks, dan konfiks.

Proses morphological parsing yang dirancang pada penelitian ini akan menghasilkan keluaran berupa bentuk dasar diikuti oleh proses morfologi yang dilakukan kepada bentuk dasar tersebut. Sebagai contoh, jika masukan adalah kata 'pertanggungjawaban' maka keluaran dari proses morphological parsing terhadap kata tersebut adalah bentuk dasar {tanggung} diikuti proses komposisi {jawab} lalu diikuti proses konfiksasi {per-an}. Untuk menyederhanakan keluaran, kata 'proses' tidak ditulis, kata 'diikuti' diganti dengan simbol '+', dan proses seperti 'konfiksasi' hanya ditulis 'konfiks' saja, sehingga keluaran dari proses tersebut menjadi bentuk dasar {tanggung} + komposisi {jawab} + konfiks {per-an}. Untuk kata yang merupakan hasil reduplikasi, seperti kata 'buah-

buahan', hasil proses parsing terhadap kata tersebut adalah bentuk dasar {buah} + reduplikasi {2} + sufiks {an}. Bentuk '2' dalam reduplikasi berarti reduplikasi utuh.

Seperti dijelaskan pada subbab 3.1, leksikon menyimpan setiap kata turunan yang valid dari sebuah kata dasar supaya perangkat lunak dapat melakukan validasi terhadap hasil dari proses parsing. Oleh karena itu, keluaran dari proses parsing harus menggunakan simbol yang sama dengan leksikon supaya hasil dari proses parsing dapat dibandingkan dengan kata turunan yang disimpan dalam leksikon untuk melakukan validasi. Dengan menggunakan simbol pada tabel 4.1, keluaran dari proses parsing terhadap kata 'pertanggungjawaban' adalah bentuk dasar 'tanggung' ditambah proses morfologi '@jawab+# per-an'. Dengan demikian, perangkat lunak dapat melakukan validasi terhadap bentuk '@jawab+# per-an' apakah merupakan bentuk turunan yang valid atau tidak dari kata 'tanggung' dalam leksikon.

Sesuai analisis yang dilakukan pada subbab 3.1, kata turunan yang merupakan hasil proses afiksasi berupa pengimbuhan klitika tidak disimpan dalam leksikon. Oleh karena itu, kata tersebut harus dapat dikenali dan diproses dalam perangkat lunak tanpa melalui proses validasi dalam leksikon. Untuk melakukan proses tersebut diperlukan simbol khusus untuk menandai dan menyimpan klitika dalam hasil proses parsing. Untuk menandai proklitika, yaitu klitika yang berposisi di muka kata yang diikuti, digunakan simbol '$'. Sementara untuk menandai enklitika, yaitu klitika yang berposisi di belakang kata yang dilekati, digunakan simbol '%'.

Untuk hasil parsing yang merupakan bentuk asing, seperti dijelaskan pada subbab 3.2, penulisan hasil parsing dalam simbol adalah dengan simbol '!' diikuti kata yang sedang diproses. Contohnya, hasil parsing dari kata 'netizen' adalah '!netizen' atau setelah dilakukan konversi ke dalam kata-kata yang dimengerti oleh manusia menjadi bentuk asing {netizen}.

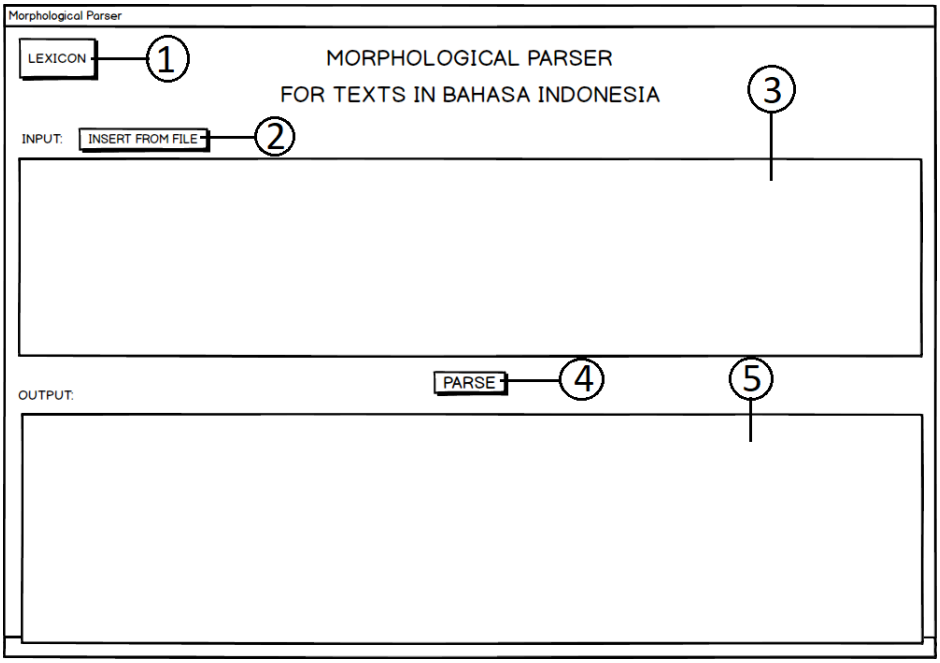
Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan ada dua jenis keluaran dari proses morphological parsing, yaitu keluaran dalam bentuk simbol seperti dalam leksikon dan keluaran dalam bentuk kata-kata yang dapat dimengerti oleh manusia. Perangkat lunak pertama kali membuat keluaran dalam bentuk simbol yang kemudian divalidasi oleh leksikon. Keluaran yang dianggap tidak valid akan dibuang oleh perangkat lunak sementara keluaran yang dianggap valid kemudian diterjemahkan menjadi keluaran berupa kata-kata yang dimengerti oleh manusia.

4.3 Perancangan Antarmuka

Antarmuka yang akan dibuat terdiri dari dua jenis, yaitu untuk perangkat lunak morphological parser dan perangkat lunak lexicon. Sesuai use case yang diuraikan pada subbab 3.4, perangkat lunak lexicon memiliki dua jenis user, yaitu user biasa dan editor. Antarmuka untuk perangkat lunak morphological parser terdiri dari sebuah *frame* sementara untuk perangkat lunak lexicon terdiri dari enam buah *frame* yang masing-masing mewakili sebuah fitur untuk sebuah user dari perangkat lunak. Berikut adalah penjelasan untuk setiap rancangan antarmuka yang dibuat.

4.3.1 Perancangan Antarmuka Perangkat Lunak Morphological Parser

Gambar 4.2 berikut adalah rancangan antarmuka yang dibuat untuk perangkat lunak morphological parser.



Gambar 4.2: Rancangan antarmuka perangkat lunak morphological parser

Penjelasan untuk setiap objek dalam *frame* di atas adalah sebagai berikut.

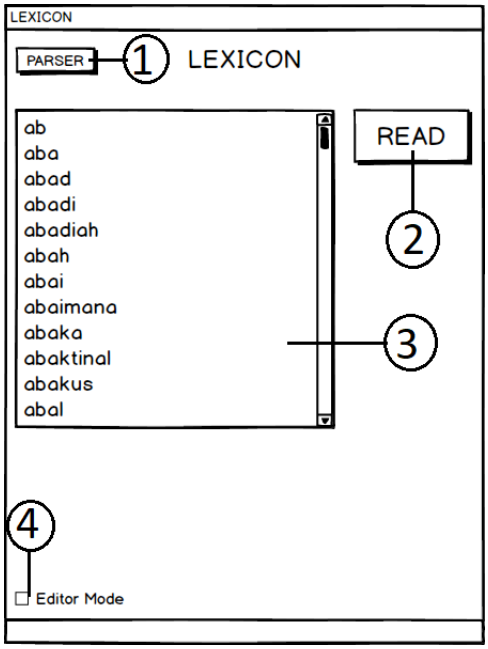
1. Tombol *Lexicon*: untuk mengakses perangkat lunak lexicon
2. Tombol *Insert From File*: untuk memuat isi dari sebuah file txt ke dalam kolom masukan dari perangkat lunak
3. Kolom masukan: untuk menulis masukan dari proses parsing

4. Tombol *Parse*: untuk melakukan proses parsing terhadap teks dalam kolom masukan dan mengeluarkan hasilnya pada kolom keluaran

5. Kolom keluaran: untuk menampilkan keluaran dari proses parsing

4.3.2 Perancangan Antarmuka Perangkat Lunak Lexicon

Gambar 4.3 berikut adalah rancangan antarmuka yang dibuat untuk perangkat lunak lexicon pada halaman home untuk user.



Gambar 4.3: Rancangan antarmuka perangkat lunak lexicon halaman home untuk user

Penjelasan untuk setiap objek dalam *frame* di atas adalah sebagai berikut.

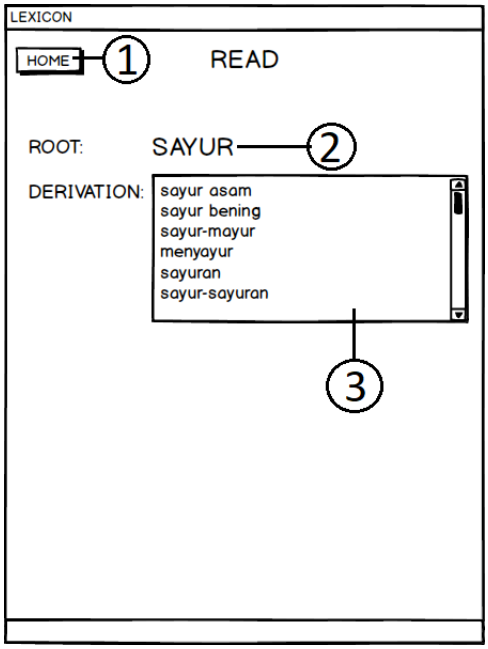
1. Tombol *Parser*: untuk mengakses perangkat lunak morphological parser

2. Tombol *Read*: untuk melihat kata turunan dari sebuah entri kata dasar pada leksikon

3. Kolom entri leksikon: untuk menampilkan semua entri kata dasar yang disimpan dalam leksikon

4. Tombol *Editor mode*: untuk mengaktifkan atau mematikan mode editor pada perangkat lunak lexicon

Gambar 4.4 berikut adalah rancangan antarmuka yang dibuat untuk perangkat lunak lexicon pada halaman read untuk user.

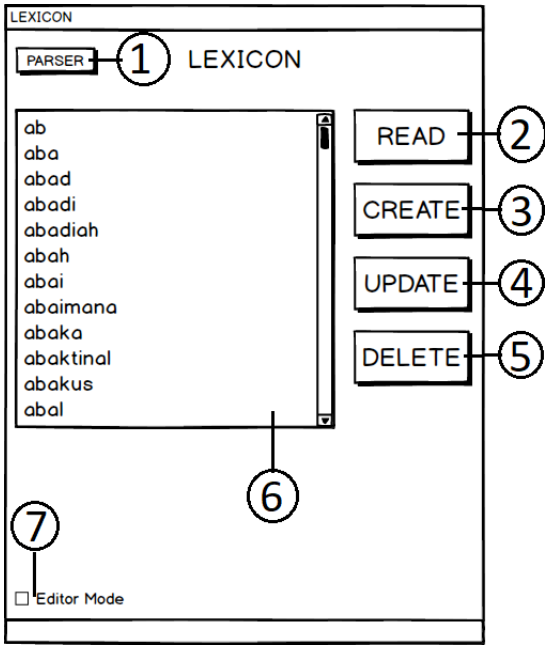


Gambar 4.4: Rancangan antarmuka perangkat lunak lexicon halaman read untuk user

Penjelasan untuk setiap objek dalam *frame* di atas adalah sebagai berikut.

1. Tombol *Home*: untuk kembali ke halaman home dari perangkat lunak lexicon
2. Label root: untuk menampilkan kata dasar yang sedang dilihat saat ini
3. Kolom entri kata turunan: untuk menampilkan semua entri kata turunan dari kata dasar yang disimpan dalam leksikon

Gambar 4.5 berikut adalah rancangan antarmuka yang dibuat untuk perangkat lunak lexicon pada halaman home untuk editor.

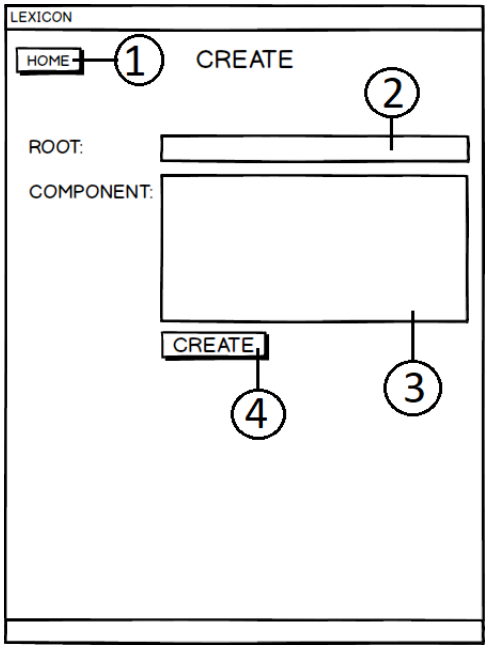


Gambar 4.5: Rancangan antarmuka perangkat lunak lexicon halaman home untuk editor

Penjelasan untuk setiap objek dalam *frame* di atas adalah sebagai berikut.

1. Tombol *Parser*: untuk mengakses perangkat lunak morphological parser
2. Tombol *Read*: untuk melihat kata turunan dari sebuah entri kata dasar pada leksikon
3. Tombol *Create*: untuk memasukkan entri baru pada leksikon
4. Tombol *Update*: untuk mengubah entri pada leksikon
5. Tombol *Delete*: untuk menghapus entri pada leksikon
6. Kolom entri leksikon: untuk menampilkan semua entri kata dasar yang disimpan dalam leksikon
7. Tombol *Editor mode*: untuk mengaktifkan atau mematikan mode editor pada perangkat lunak lexicon

Gambar 4.6 berikut adalah rancangan antarmuka yang dibuat untuk perangkat lunak lexicon pada halaman create untuk editor.

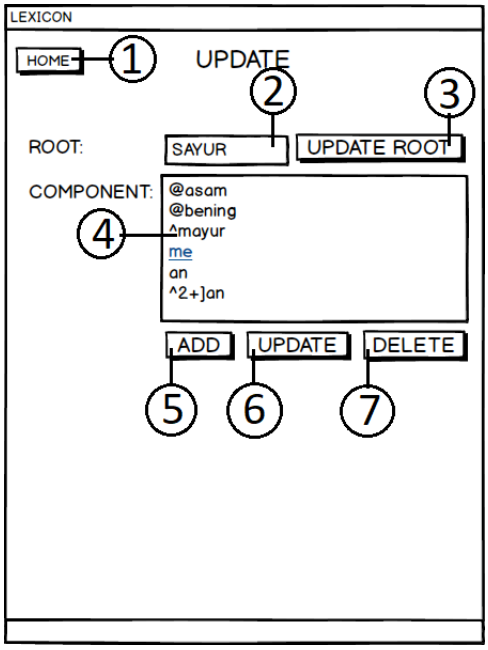


Gambar 4.6: Rancangan antarmuka perangkat lunak lexicon halaman create untuk editor

Penjelasan untuk setiap objek dalam *frame* di atas adalah sebagai berikut.

1. Tombol *Home*: untuk kembali ke halaman home dari perangkat lunak lexicon
2. Kolom kata dasar: untuk memasukkan kata dasar dari entri yang akan dibuat
3. Kolom kata turunan: untuk memasukkan kata turunan dari entri yang akan dibuat
4. Tombol *Create*: untuk memasukkan entri baru yang sudah dibuat ke dalam leksikon

Gambar 4.7 berikut adalah rancangan antarmuka yang dibuat untuk perangkat lunak lexicon pada halaman update untuk editor.

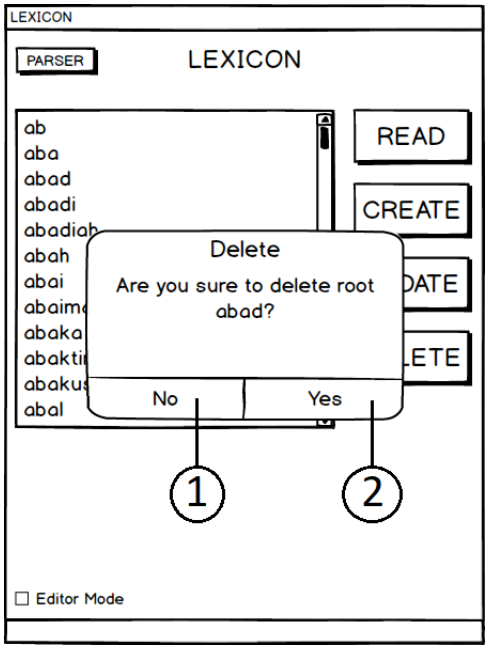


Gambar 4.7: Rancangan antarmuka perangkat lunak lexicon halaman update untuk editor

Penjelasan untuk setiap objek dalam *frame* di atas adalah sebagai berikut.

1. Tombol *Home*: untuk kembali ke halaman home dari perangkat lunak lexicon
2. Kolom kata dasar: untuk mengubah kata dasar dari entri
3. Tombol *Update Root*: untuk memasukkan entri kata dasar baru ke dalam leksikon
4. Kolom kata turunan: untuk mengubah kata turunan dari entri
5. Tombol *Add*: untuk menambahkan entri kata turunan baru pada kata dasar
6. Tombol *Update*: untuk mengubah entri kata turunan pada kata dasar
7. Tombol *Delete*: untuk menghapus entri kata turunan pada kata dasar

Gambar 4.8 berikut adalah rancangan antarmuka yang dibuat untuk perangkat lunak lexicon pada halaman delete untuk editor.



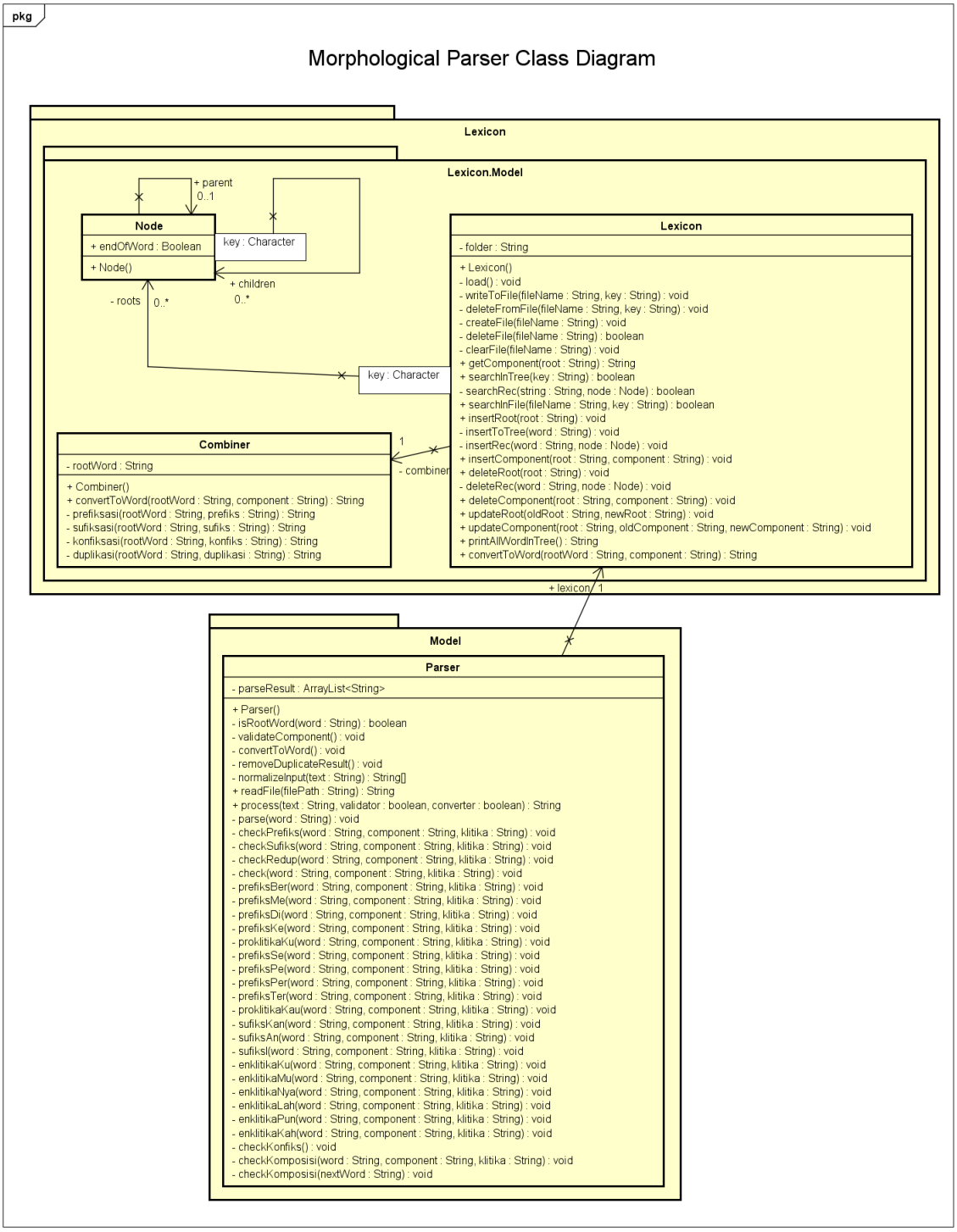
Gambar 4.8: Rancangan antarmuka perangkat lunak lexicon halaman delete untuk editor

Penjelasan untuk setiap objek dalam *frame* di atas adalah sebagai berikut.

1. Tombol *No*: untuk membatalkan penghapusan entri kata dasar dari leksikon
2. Tombol *Yes*: untuk melakukan konfirmasi penghapusan entri kata dasar dari leksikon

4.4 Diagram Kelas Lengkap

Pada subbab 3.5 telah diuraikan analisis mengenai kelas-kelas yang akan dibuat untuk perangkat lunak morphological parser. Pada subbab ini akan ditambahkan beberapa kelas dan method untuk melengkapi kelas-kelas yang sudah diuraikan sebelumnya. Gambar 4.9 adalah diagram kelas lengkap yang dibuat untuk perangkat lunak morphological parser.



Gambar 4.9: Diagram kelas lengkap perangkat lunak morphological parser

4.4.1 Kelas Parser

Kelas ini berfungsi untuk melakukan proses parsing terhadap sebuah kalimat atau paragraf dalam bahasa Indonesia.

Atribut yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *parseResult*: bertipe ArrayList of String untuk menyimpan beberapa kemungkinan hasil parsing dari setiap kata dalam kalimat atau paragraf yang menjadi masukan
- *lexicon*: bertipe objek dari kelas Lexicon dan merupakan objek yang digunakan oleh kelas Parser untuk mengakses fitur leksikon dari perangkat lunak

Method yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *Parser*: konstruktor tanpa parameter untuk membuat objek dari kelas Parser.
- *isRootWord*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe boolean untuk menentukan apakah kata yang ada di parameter merupakan kata dasar atau bukan. Method ini memanggil method searchInTree dari kelas Lexicon.
- *validateComponent*: method tanpa parameter dan kembalian bertipe void untuk melakukan validasi terhadap hasil parsing dengan melakukan pengecekan kata turunan dalam leksikon.
- *convertToWord*: method tanpa parameter dan kembalian bertipe void untuk melakukan konversi hasil parsing dari simbol leksikon ke kata-kata yang dapat dimengerti oleh manusia.
- *removeDuplicateResult*: method tanpa parameter dan kembalian bertipe void untuk menghapus hasil parsing yang memiliki duplikat pada atribut hasil parsing.
- *normalizeInput*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe array of String untuk melakukan normalisasi pada teks pada parameter dengan membuat semua karakter huruf menjadi huruf kecil, membuang karakter yang tidak diperlukan, dan memisahkan teks berdasar karakter spasi. Karakter yang diperlukan adalah karakter huruf kecil (a..z), karakter pemisah (-), dan karakter angka (0..9).
- *readFile*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe String untuk isi file dari path yang ada di parameter dan mengembalikan isinya.
- *process*: method dengan sebuah parameter bertipe String, dua buah parameter bertipe boolean, dan kembalian bertipe String untuk melakukan proses parsing terhadap teks yang ada di parameter. Fitur validator dan converter untuk hasil dari proses parsing dapat dinyalakan dan dimatikan bergantung pada nilai dari parameter validator dan converter.
- *parse*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan parsing pada sebuah kata dalam parameter. Hasil parsing disimpan dalam atribut parseResult.

- *checkPrefiks*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak prefiks dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *checkSufiks*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak sufiks dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *checkRedup*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan reduplikasi dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *check*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan terhadap semua kemungkinan proses morfologi dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *prefiksBer*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak prefiks ber- dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *prefiksMe*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak prefiks me- dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *prefiksDi*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak prefiks di- dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *prefiksKe*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak prefiks ke- dalam String kata yang diberikan di

parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *proklitikaKu*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak proklitika ku- dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *prefiksSe*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak prefiks se- dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *prefiksPe*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak prefiks pe- dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *prefiksPer*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak prefiks per- dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *prefiksTer*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak prefiks ter- dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *proklitikaKau*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak proklitika kau- dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *sufiksKan*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak sufiks -kan dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *sufiksAn*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak sufiks -an dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *sufiksI*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak sufiks -i dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *enklitikaKu*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak enklitika -ku dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *enklitikaMu*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak enklitika -mu dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *enklitikaNya*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak enklitika -nya dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *enklitikaLah*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak enklitika -lah dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *enklitikaPun*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak enklitika -pun dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *enklitikaKah*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan ada atau tidak enklitika -kah dalam String kata yang diberikan

di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *checkKonfiks*: method tanpa parameter dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan adanya kemungkinan kombinasi prefiks dan sufiks yang membentuk konfiks pada atribut hasil parsing.

- *checkKomposisi*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan komposisi dalam String kata yang diberikan di parameter. Parameter component dan klitika menyimpan component dan klitika yang sudah ditemukan ketika method ini dipanggil.

- *checkKomposisi*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk melakukan pengecekan kemungkinan komposisi antara kata yang sedang diproses dengan String kata yang diberikan di parameter.

4.4.2 Kelas Lexicon

Kelas ini berfungsi untuk menyimpan kumpulan kata dasar dan kata turunan yang digunakan selama proses morphological parsing berlangsung. Seperti telah diuraikan pada subbab 4.1, kata dasar disimpan dalam sebuah file bernama 'roots.lxc' dan kata turunan untuk setiap kata dasar disimpan dalam file bernama sama dengan kata dasar yang bersangkutan. File 'roots.lxc' akan dimuat oleh kelas ini setiap kali program dijalankan dan kata dasar akan disimpan dalam trie yang berbentuk pohon node supaya pencarian kata dasar dapat dilakukan dengan cepat dan efektif.

Atribut yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *roots*: bertipe map of Node dengan key adalah sebuah karakter dan menyimpan kumpulan akar dari pohon node yang menyimpan kata dasar yang valid dalam bahasa Indonesia

- *folder*: bertipe String dan menyimpan path dari folder tempat file leksikon berada

Method yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *Lexicon*: konstruktor tanpa parameter untuk membuat objek dari kelas Lexicon.

- *load*: method tanpa parameter dan kembalian bertipe void untuk memuat semua kata dasar dalam leksikon dan menyimpannya ke dalam trie.

- *writeToFile*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk menulis parameter key ke dalam file dengan nama file dalam parameter fileName.
- *deleteFromFile*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk menghapus parameter key dari dalam file dengan nama file dalam parameter fileName.
- *createFile*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk membuat sebuah file baru dengan nama file dalam parameter fileName.
- *deleteFile*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe boolean untuk menghapus sebuah file dengan nama file dalam parameter fileName dan mengembalikan status keberhasilan penghapusan file.
- *clearFile*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk mengosongkan isi sebuah file dengan nama file dalam parameter fileName.
- *getComponent*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe String untuk mengembalikan semua komponen kata turunan dari sebuah kata dasar dalam parameter root.
- *searchInTree*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe boolean untuk mencari ada atau tidak kata dasar pada parameter key dalam pohon Node.
- *searchRec*: method dengan sebuah parameter bertipe String, sebuah parameter bertipe objek dari kelas Node, dan kembalian bertipe boolean untuk melakukan pencarian secara rekursif dalam pohon Node dengan parameter string adalah kata yang dicari dan node adalah node yang sedang ditelusuri saat ini.
- *searchInFile*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe boolean untuk melakukan pencarian dari parameter key dalam file dengan nama pada parameter fileName.
- *insertRoot*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk memasukkan kata dasar baru dalam parameter root ke dalam leksikon.
- *insertToTree*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk memasukkan sebuah kata dalam parameter word ke dalam pohon Node.

- *insertRec*: method dengan sebuah parameter bertipe String, sebuah parameter bertipe objek dari kelas Node, dan kembalian bertipe void untuk memasukkan kata secara rekursif dalam pohon Node dengan parameter string adalah kata yang dimasukkan dan node adalah node yang sedang ditelusuri saat ini.

- *insertComponent*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk memasukkan sebuah kata turunan baru dalam parameter component ke kata dasar dalam parameter root.

- *deleteRoot*: method dengan sebuah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk menghapus sebuah kata dasar dalam parameter root dari pohon Node.

- *deleteRec*: method dengan sebuah parameter bertipe String, sebuah parameter bertipe objek dari kelas Node, dan kembalian bertipe void untuk menghapus kata secara rekursif dalam pohon Node dengan parameter string adalah kata yang dihapus dan node adalah node yang sedang ditelusuri saat ini.

- *deleteComponent*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk menghapus sebuah kata turunan dalam parameter component dari kata dasar dalam parameter root.

- *updateRoot*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk mengubah kata dasar lama dalam parameter oldRoot menjadi kata dasar baru dalam parameter newRoot.

- *updateComponent*: method dengan tiga buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe void untuk mengubah kata turunan lama dalam parameter oldComponent menjadi kata turunan baru dalam parameter newComponent untuk kata dasar dalam parameter root.

- *printAllWordInTree*: method tanpa parameter dan kembalian bertipe String untuk mencetak semua kata yang disimpan dalam pohon Node ke dalam sebuah String.

- *convertToWord*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe String untuk mengubah kata dasar dalam parameter rootWord dan komponen dalam parameter component menjadi kata-kata yang dapat dimengerti oleh manusia. Method ini memanggil method convertToWord dari kelas Combiner.

4.4.3 Kelas Node

Kelas ini berfungsi untuk merepresentasikan satu node dalam pohon Node.

Atribut yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *endOfWord*: bertipe boolean dan menyimpan keterangan apakah node ini merupakan karakter akhir dari sebuah kata dalam pohon atau tidak
- *children*: bertipe map of Node dengan key adalah sebuah karakter dan menyimpan kumpulan node yang merupakan anak dari node ini
- *parent*: bertipe node dan menyimpan sebuah node yang merupakan parent dari node ini

Method yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *Node*: konstruktor tanpa parameter untuk membuat objek dari kelas Node.

4.4.4 Kelas Combiner

Kelas ini berfungsi untuk melakukan konversi sebuah kata turunan yang disimpan dalam leksikon dari bentuk dalam simbol leksikon menjadi kata yang dapat dimengerti oleh manusia. Ini berfungsi supaya user dari program dapat melihat kata turunan yang disimpan dalam leksikon dalam bentuk kata yang dapat dimengerti dan bukan dalam bentuk simbol leksikon. Kelas ini digunakan dalam fitur Read yang dimiliki oleh perangkat lunak Lexicon.

Atribut yang terdapat dalam kelas ini adalah:

- *rootWord*: bertipe String dan menyimpan kata dasar dari kata yang sedang diproses

Method yang terdapat dalam kelas ini adalah:

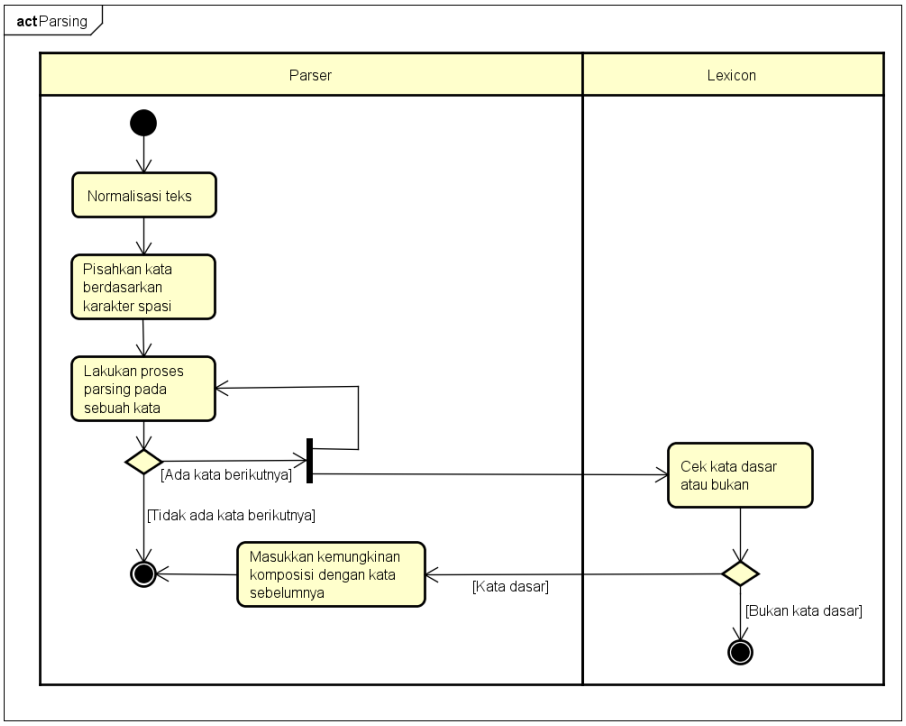
- *Combiner*: konstruktor tanpa parameter untuk membuat objek dari kelas Combiner.
- *convertToWord*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe String untuk mengubah kata dasar dalam parameter rootWord dan komponen dalam parameter component menjadi kata-kata yang dapat dimengerti oleh manusia.
- *prefiksasi*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe String untuk melakukan proses prefiksasi pada kata dasar dalam parameter rootWord dan prefiks dalam parameter prefiks.

- *sufiksasi*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe String untuk melakukan proses sufiksasi pada kata dasar dalam parameter rootWord dan sufiks dalam parameter sufiks.
- *konfiksasi*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe String untuk melakukan proses konfiksasi pada kata dasar dalam parameter rootWord dan konfiks dalam parameter konfiks.
- *duplikasi*: method dengan dua buah parameter bertipe String dan kembalian bertipe String untuk melakukan proses reduplikasi pada kata dasar dalam parameter rootWord dan jenis reduplikasi dalam parameter duplikasi.

4.5 Diagram Aktivitas

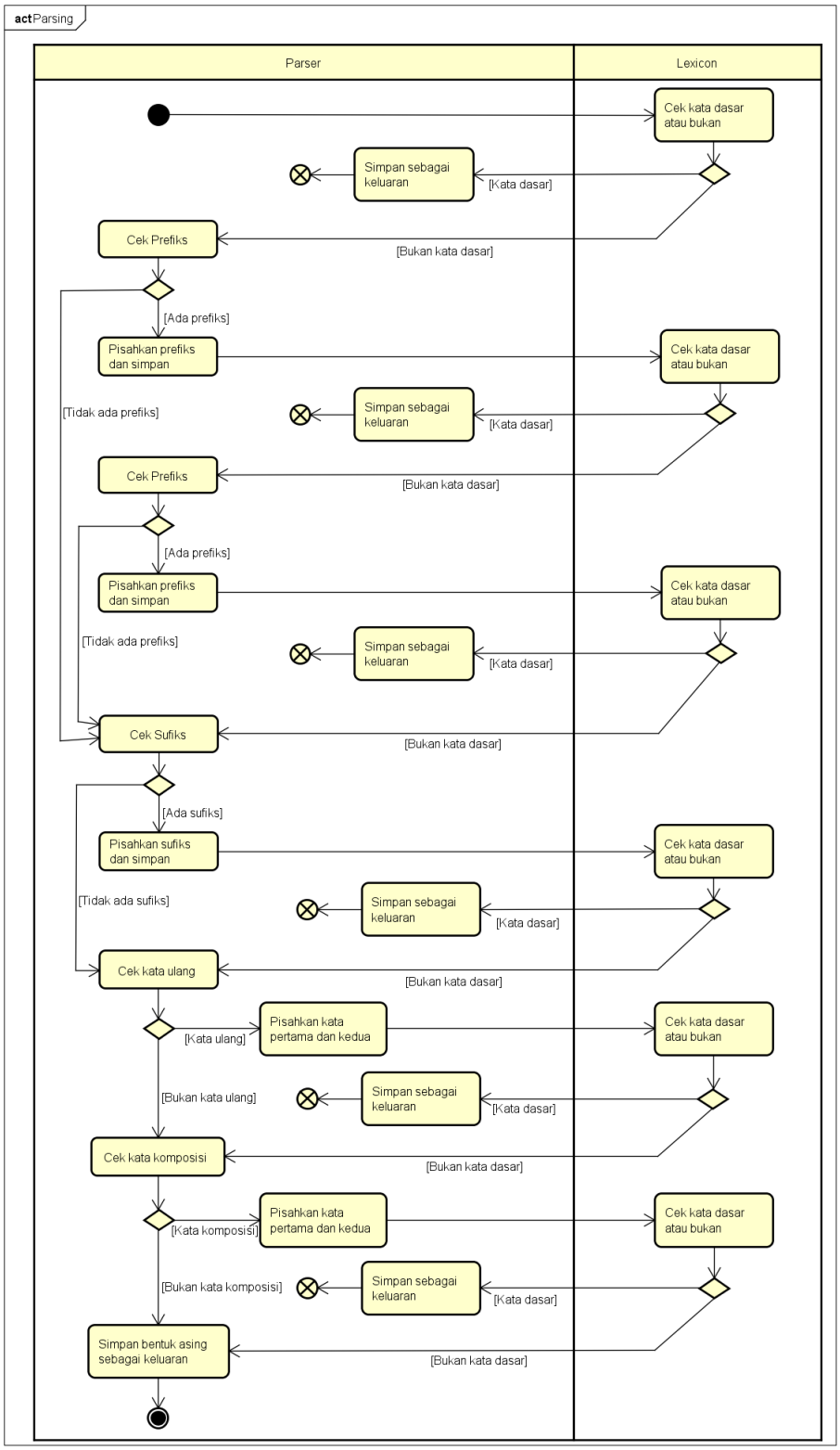
Untuk menjelaskan proses morphological parsing yang akan dikerjakan oleh perangkat lunak, dibuat dua buah diagram aktivitas, yang pertama adalah diagram aktivitas untuk proses mengolah teks masukan dan yang kedua adalah diagram aktivitas untuk proses parsing pada sebuah kata.

Gambar 4.10 berikut adalah diagram aktivitas yang dibuat untuk proses mengolah teks masukan, khususnya untuk yang terdiri dari lebih dari satu kata.



Gambar 4.10: Diagram aktivitas proses mengolah teks masukan

Gambar 4.11 berikut adalah diagram aktivitas yang dibuat untuk proses parsing pada sebuah kata.



Gambar 4.11: Diagram aktivitas proses parsing pada sebuah kata

BAB 5

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai implementasi dari seluruh hasil analisis dan perancangan yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya dan pengujian yang dilakukan untuk hasil implementasi tersebut. Hasil pengujian akan digunakan untuk mengukur performansi dan kualitas dari perangkat lunak yang dibuat.

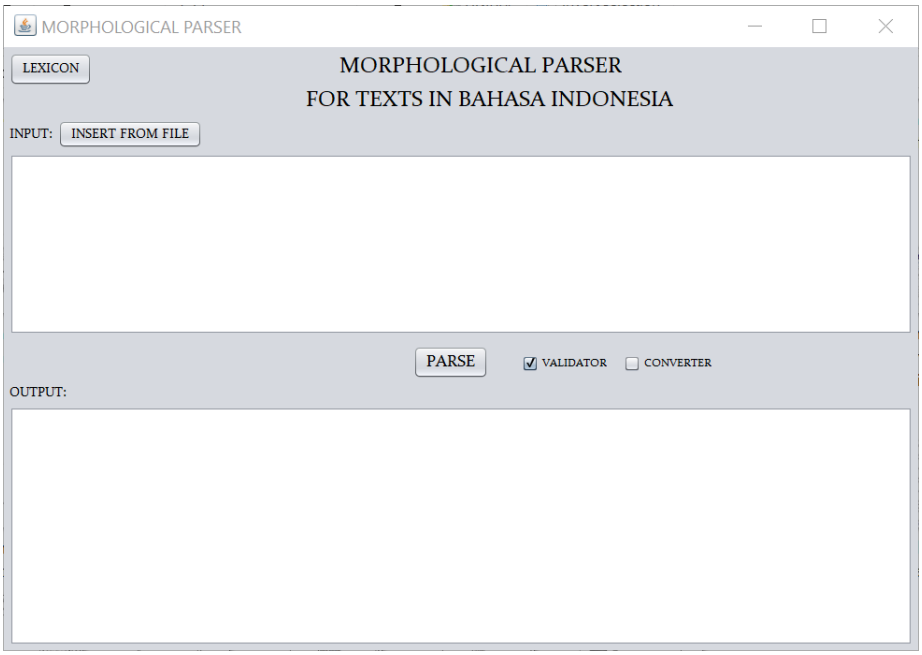
5.1 Implementasi

Pada subbab 4.4 telah dirancang beberapa kelas yang menjadi bagian dari perangkat lunak morphological parser. Implementasi dari kelas-kelas tersebut menjadi sebuah perangkat lunak akan dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Java. Implementasi meliputi keseluruhan method dan atribut untuk setiap kelas yang sudah dirancang. Pada kelas Lexicon dan Node, terdapat atribut yang memiliki tipe map of Node dengan key sebuah karakter, atribut ini diimplementasikan dengan hash table pada kelas HashMap yang dimiliki oleh bahasa Java.

Penyimpanan leksikon, seperti dibahas pada subbab 4.1, dilakukan dalam file khusus berekstensi '.lxc'. Supaya perangkat lunak dapat melakukan proses baca dan tulis dari dan ke file tersebut, diperlukan suatu implementasi dari proses baca tulis file oleh perangkat lunak. Proses ini diimplementasikan dalam bahasa Java dengan kelas BufferedReader dan kelas BufferedWriter yang menggunakan objek Reader dari kelas FileReader dan kelas FileWriter.

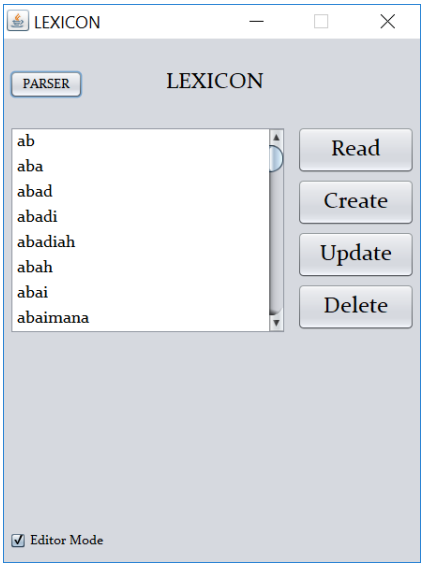
Untuk implementasi dari rancangan antarmuka perangkat lunak, dilakukan dengan menggunakan kelas JFrame dalam bahasa Java. Sebagai tambahan dari perancangan yang sudah dilakukan, ditambahkan fitur untuk mengaktifkan dan mematikan fitur validator dan converter dari perangkat lunak. Fitur validator adalah fitur untuk melakukan validasi hasil parsing pada kata turunan dalam leksikon, seperti yang dibahas pada subbab 3.1. Sementara fitur converter adalah fitur untuk melakukan konversi hasil parsing dari simbol leksikon menjadi kata-kata yang dapat dimengerti oleh

manusia. Gambar 5.1 berikut adalah implementasi antarmuka untuk perangkat lunak morphological parser.



Gambar 5.1: Implementasi antarmuka perangkat lunak morphological parser

Gambar 5.2 berikut adalah implementasi antarmuka untuk perangkat lunak lexicon.



Gambar 5.2: Implementasi antarmuka perangkat lunak lexicon

5.2 Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada perangkat lunak yang dibuat dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama merupakan pengujian fungsional yang akan menguji kesesuaian

antara implementasi dari perangkat lunak dengan kebutuhan. Bagian kedua merupakan pengujian nonfungsional yang akan menguji kualitas dari perangkat lunak.

5.2.1 Pengujian Fungsional

Beberapa aspek yang akan diuji pada pengujian fungsional adalah sebagai berikut.

- hasil normalisasi teks masukan
- hasil proses parsing
- proses create, update, dan delete entri leksikon

Pada tahap pengujian hasil normalisasi teks masukan dan hasil proses parsing, contoh masukan yang digunakan adalah:

- Mengisi kemerdekaan Indonesia tanggal 17 Agustus adalah tanggung jawab setiap warga
- Ayah menyuruh, "Jangan main-main dengan makanan beku!"

Hasil normalisasi dari teks masukan tersebut adalah sebagai berikut.

- mengisi kemerdekaan indonesia tanggal 17 agustus adalah tanggung jawab setiap warga
- ayah menyuruh jangan main-main dengan makanan beku

Hasil parsing dari kedua contoh masukan tersebut dapat dilihat pada gambar 5.3 dan gambar 5.4.

```
MENGISI:
Bentuk Dasar {isi} + Prefiks {me};

KEMERDEKAAN:
Bentuk Dasar {merdeka} + Konfiks {ke-an};

INDONESIA:
Bentuk Dasar {indonesia};

TANGGAL:
Bentuk Dasar {tanggal};

17:
Bentuk Asing {17};

AGUSTUS:
Bentuk Dasar {agustus};

ADALAH:
Bentuk Dasar {adalah};
Bentuk Dasar {ada} + Enklitika {lah};

TANGGUNG:
Bentuk Dasar {tanggung};
Bentuk Dasar {tanggung} + Komposisi {jawab};

JAWAB:
Bentuk Dasar {jawab};

SETIAP:
Bentuk Dasar {tiap} + Prefiks {se};

WARGA:
Bentuk Dasar {warga};
```

Gambar 5.3: Hasil parsing contoh masukan pertama

```
AYAH:
Bentuk Dasar {ayah};

MENYURUH:
Bentuk Dasar {suruh} + Prefiks {me};

JANGAN:
Bentuk Dasar {jangan};

MAIN-MAIN:
Bentuk Dasar {main} + Reduplikasi {2};

DENGAN:
Bentuk Dasar {dengan};

MAKANAN:
Bentuk Dasar {makan} + Sufiks {an};
Bentuk Dasar {makan} + Sufiks {an} + Komposisi {beku};

BEKU:
Bentuk Dasar {beku};
```

Gambar 5.4: Hasil parsing contoh masukan kedua

Seperti dijelaskan pada subbab 5.1, perangkat lunak yang dibuat memiliki fitur untuk mengaktifkan dan mematikan fitur validator dan converter untuk memproses hasil dari proses parsing. Hasil parsing pada contoh di atas menggunakan kedua fitur validator dan converter. Hasil dari proses parsing terhadap masukan yang sama akan berbeda ketika salah satu atau kedua fitur tersebut dimatikan. Berikut adalah beberapa contoh keluaran dari masukan yang sama dengan salah satu fitur tersebut dimatikan.

Gambar 5.5 berikut adalah hasil parsing dari contoh masukan pertama yang diproses tanpa

fitur converter.

```
MENGISI:
isi+[me;

KEMERDEKAAN:
merdeka+#ke-an;

INDONESIA:
indonesia;

TANGGAL:
tanggal;

17:
!17;

AGUSTUS:
agustus;

ADALAH:
adalah;
ada+%lah;

TANGGUNG:
tanggung;
tanggung+@jawab;

JAWAB:
jawab;

SETIAP:
tiap+[se;

WARGA:
warga;
```

Gambar 5.5: Hasil parsing contoh masukan pertama tanpa fitur converter

Gambar 5.6 berikut adalah hasil parsing dari contoh masukan kedua yang diproses tanpa fitur validator.

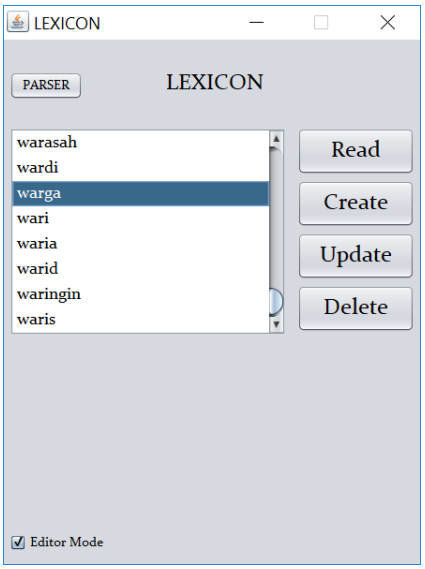
```
AYAH:
Bentuk Dasar {ayah};

MENYURUH:
Bentuk Dasar {suruh} + Prefiks {me};
Bentuk Dasar {suruh} + Prefiks {me} + Komposisi {jangan};

JANGAN:
Bentuk Dasar {jangan};

MAIN-MAIN:
Bentuk Dasar {main} + Reduplikasi {2};
Bentuk Dasar {main} + Reduplikasi {2} + Komposisi {dengan};

DENGAN:
Bentuk Dasar {dengan};

MAKANAN:
Bentuk Dasar {makan} + Sufiks {an};
Bentuk Dasar {mak} + Sufiks {an} + Sufiks {an};
Bentuk Dasar {makan} + Sufiks {an} + Komposisi {beku};
Bentuk Dasar {mak} + Sufiks {an} + Sufiks {an} + Komposisi {beku};

BEKU:
Bentuk Dasar {beku};
Bentuk Dasar {ku} + Prefiks {ber};
```

Gambar 5.6: Hasil parsing contoh masukan kedua tanpa fitur validator

Pada tahap pengujian proses create, update, dan delete entri leksikon, contoh masukan yang digunakan adalah:

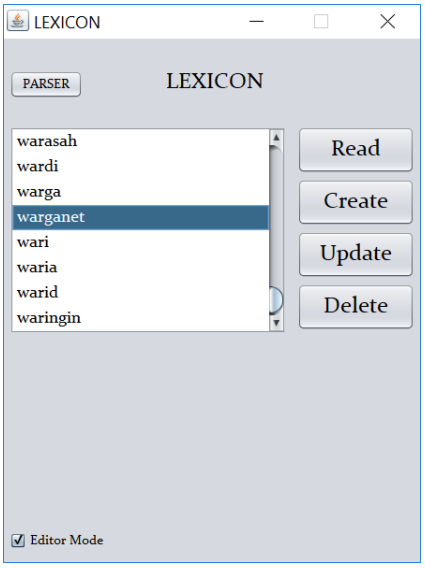
- Kata dasar 'warganet'
- Kata turunan 'menyayur-mayur' pada kata dasar 'sayur'
- Kata dasar 'abau'

Proses create akan dilakukan dengan menggunakan kata dasar 'warganet' yang merupakan serapan dari kata 'netizen' dalam bahasa Inggris. Gambar 5.7 berikut adalah isi dari leksikon sebelum kata tersebut dimasukkan.



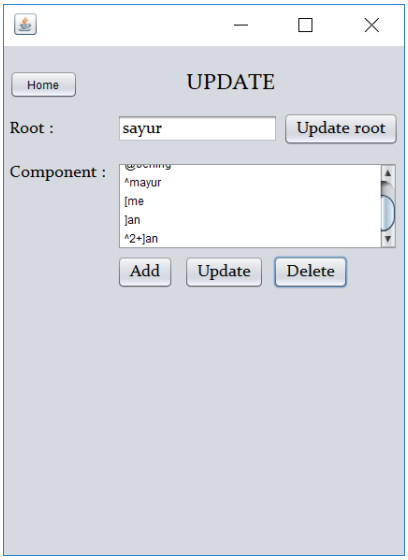
Gambar 5.7: Isi leksikon sebelum kata 'warganet' dimasukkan

Gambar 5.8 berikut adalah isi dari leksikon setelah kata 'warganet' dimasukkan.



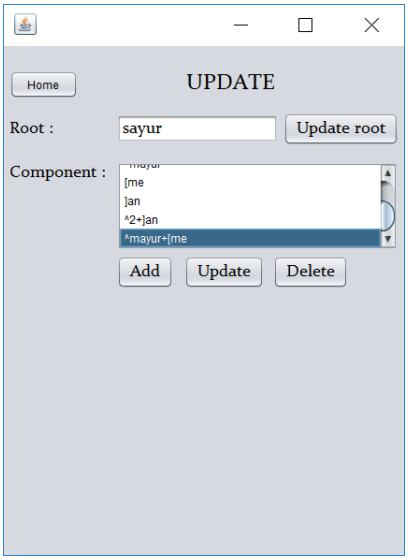
Gambar 5.8: Isi leksikon setelah kata 'warganet' dimasukkan

Proses update akan dilakukan pada kata dasar 'sayur' dengan menambahkan kata turunan 'menyayur-mayur'. Gambar 5.9 berikut adalah isi dari leksikon pada kata dasar 'sayur' sebelum kata tersebut ditambahkan.



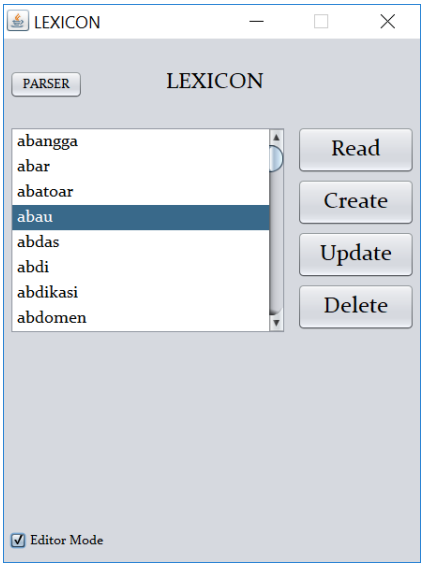
Gambar 5.9: Turunan dari kata dasar 'sayur' sebelum kata turunan 'menyayur-mayur' ditambahkan

Gambar 5.10 berikut adalah isi dari leksikon pada kata dasar 'sayur' setelah kata turunan 'menyayur-mayur' ditambahkan.



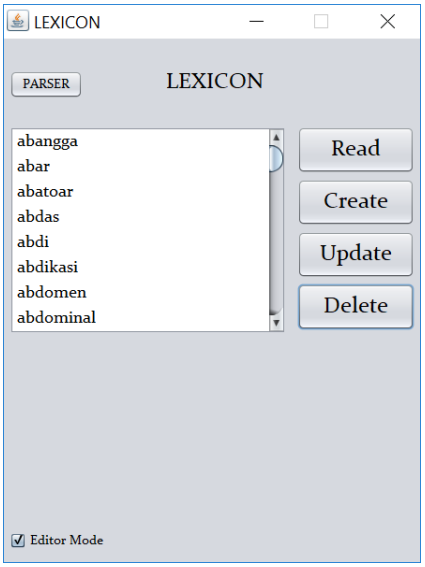
Gambar 5.10: Turunan dari kata dasar 'sayur' setelah kata turunan 'menyayur-mayur' ditambahkan

Proses delete akan dilakukan pada kata dasar 'abau'. Gambar 5.11 berikut adalah isi dari leksikon sebelum kata tersebut dihapus.



Gambar 5.11: Isi leksikon sebelum kata 'abau' dihapus

Gambar 5.12 berikut adalah isi dari leksikon setelah kata 'abau' dihapus.



Gambar 5.12: Isi leksikon setelah kata 'abau' dihapus

Pengujian fungsional yang dilakukan untuk beberapa aspek di atas berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Perlu dicatat, bahwa untuk menggunakan fitur validator ketika melakukan proses parsing pada perangkat lunak, supaya hasil parsing akurat dan sesuai harapan kata yang diproses harus sudah disimpan dalam leksikon, baik itu kata dasar maupun kata turunan. Pada penelitian ini, belum semua kata dasar dan kata turunan yang valid dalam bahasa Indonesia disimpan dalam leksikon. Hal ini dikarenakan ada terlalu banyak kata dalam bahasa Indonesia, khususnya kata turunan. Perangkat lunak dapat digunakan tanpa fitur validator namun hasil dari

proses parsing tidak akan seakurat jika menggunakan fitur validator.

5.2.2 Pengujian Nonfungsional

Beberapa aspek yang akan diuji pada pengujian nonfungsional adalah sebagai berikut.

- waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses parsing
- waktu yang dibutuhkan untuk melakukan create, update, dan delete entri leksikon

Pada tahap pengujian waktu proses parsing, contoh masukan yang digunakan adalah:

- File txt berisi 10 kata
- File txt berisi 20 kata
- File txt berisi 100 kata

Untuk setiap contoh masukan, dilakukan proses parsing sebanyak 5 kali dan setiap proses parsing selesai dilakukan akan dicatat waktu prosesnya. Dari data waktu proses parsing tersebut akan diambil rata-rata waktu prosesnya.

Tabel 5.1 berikut berisi waktu proses parsing dan rata-ratanya untuk contoh masukan pertama.

Proses ke-	**Waktu** (dalam milidetik)
1	29
2	3
3	4
4	3
5	3
Rata-rata	**8,4**

Tabel 5.1: Tabel waktu proses parsing untuk contoh masukan pertama

Tabel 5.2 berikut berisi waktu proses parsing dan rata-ratanya untuk contoh masukan kedua.

Proses ke-	**Waktu** (dalam milidetik)
1	50
2	8
3	8
4	9
5	9
Rata-rata	**16,8**

Tabel 5.2: Tabel waktu proses parsing untuk contoh masukan kedua

Tabel 5.3 berikut berisi waktu proses parsing dan rata-ratanya untuk contoh masukan ketiga.

Proses ke-	**Waktu** (dalam milidetik)
1	280
2	41
3	30
4	36
5	38
Rata-rata	**85**

Tabel 5.3: Tabel waktu proses parsing untuk contoh masukan ketiga

Dapat dilihat dari hasil pengujian terhadap waktu proses parsing di atas, kenaikan rata-rata waktu proses untuk contoh masukan pertama, kedua, dan ketiga berbanding lurus dengan jumlah kata yang diproses. Dapat disimpulkan bahwa waktu untuk melakukan proses parsing bergantung pada banyaknya kata yang diproses. Semakin banyak kata yang diproses waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses tersebut akan semakin lama.

Dapat dilihat juga pada setiap tabel waktu proses untuk setiap contoh masukan, terjadi penurunan waktu yang signifikan antara proses pertama ke proses kedua untuk proses pada contoh masukan yang sama. Dapat disimpulkan bahwa ketika dilakukan beberapa kali proses pada masukan yang sama maka waktu prosesnya akan turun cukup signifikan. Hal ini dimungkinkan karena bahasa Java menyimpan data hasil proses yang pernah dijalankan sebelumnya.

Pada tahap pengujian waktu untuk melakukan create, update, dan delete entri leksikon, akan dilakukan dengan melakukan masing-masing proses tersebut sebanyak 3 kali untuk kata yang sama. Dari data waktu proses tersebut akan diambil rata-rata waktunya.

Tabel 5.4 berikut berisi waktu untuk melakukan create sebuah entri baru pada leksikon dan rata-ratanya.

Proses ke-	**Waktu** (dalam milidetik)
1	5488
2	5382
3	5267
Rata-rata	**5379**

Tabel 5.4: Tabel waktu untuk melakukan create sebuah entri baru dalam leksikon

Tabel 5.5 berikut berisi waktu untuk melakukan update sebuah entri pada leksikon dan rata-ratanya.

Proses ke-	**Waktu** (dalam milidetik)
1	7
2	3
3	2
Rata-rata	**4**

Tabel 5.5: Tabel waktu untuk melakukan update sebuah entri dalam leksikon

Tabel 5.6 berikut berisi waktu untuk melakukan delete sebuah entri dari leksikon dan rata-ratanya.

Proses ke-	**Waktu** (dalam milidetik)
1	5244
2	5055
3	5083
Rata-rata	**5127,33**

Tabel 5.6: Tabel waktu untuk melakukan delete sebuah entri dalam leksikon

Dapat dilihat dari hasil pengujian terhadap waktu untuk melakukan create, update, dan delete entri leksikon di atas, waktu yang dibutuhkan untuk melakukan create dan delete cukup lama, yaitu sekitar 5000 milidetik atau 5 detik, sementara waktu yang dibutuhkan untuk melakukan update sangat singkat, yaitu sekitar 4 milidetik. Hal ini dikarenakan untuk melakukan create dan delete dibutuhkan proses berupa menelusuri pohon node untuk membuat node yang diperlukan ketika melakukan create atau untuk menghapus node ketika melakukan delete. Selain itu, juga dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencetak keseluruhan kata yang ada dalam pohon node untuk dimasukkan ke dalam file 'roots.lxc' yang menyimpan semua kata dasar. Untuk melakukan update dapat diselesaikan dalam waktu singkat karena proses ini hanya berupa menulis kata turunan baru ke dalam file kata dasar yang bersangkutan.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini dan diberikan beberapa saran yang dapat dilakukan untuk memperbaiki dan mengembangkan penelitian ini selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Mengetahui aturan morfologi bahasa Indonesia
- Mengetahui struktur data dari *lexicon* yang digunakan pada perangkat lunak
- Mengimplementasikan aturan morfologi bahasa Indonesia ke dalam perangkat lunak
- Mengetahui performansi dari perangkat lunak yang dihasilkan

6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk memperbaiki dan mengembangkan penelitian ini selanjutnya adalah sebagai berikut.

- Melengkapi seluruh kata turunan untuk setiap kata dasar dalam leksikon supaya semua kata dalam bahasa Indonesia dapat diproses dan divalidasi dengan tepat.
- Menambahkan kelas kata seperti kata benda, kata kerja, kata sifat, dan lain-lain untuk setiap kata dasar dan kata turunan yang disimpan dalam leksikon supaya dapat digunakan dalam proses lebih lanjut dalam pengolahan bahasa alami.

DAFTAR REFERENSI

[1] Chaer, A. (2008) *Morfologi Bahasa Indonesia (Pendekatan Proses)*. Rineka Cipta, Jakarta.

[2] Jurafsky, D. dan Martin, J. H. (2009) *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics and Speech Recognition*, 2nd edition. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA.

[3] Najogie, R. D. (2010) Pengenalan trie dan aplikasinya. *Makalah IF2091 Struktur Diskrit - Sem. I Tahun 2010/2011*, **1**, 91–95.