

PEMBUATAN SMART FONT AKSARA BALI DENGAN GRAPHITE DESCRIPTION LANGUAGE

Bemby Bantara Narendra

Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10, Bandung 40132

E-mail: if13105@students.if.itb.ac.id, bemby@babadbali.com

ABSTRAK

Aksara Bali adalah aksara kedua bagi tiga juta warga Bali. Akan tetapi jumlah kepustakaan dalam aksara Bali di dunia komputer sangat langka. Untuk mempopulerkan lagi aksara Bali di kalangan generasi yang akan datang, diperlukan usaha komputersasi teks secara lengkap.

Usaha tersebut telah dimulai dengan memasukkan karakter aksara Bali ke dalam standard *Unicode* versi 5.0. Hal ini memungkinkan pertukaran data teks aksara Bali secara internasional dan menciptakan landasan bagi perangkat lunak global yang mempergunakan aksara Bali. Namun masih belum ada *font* aksara Bali yang memenuhi standard *Unicode* baik dari segi penggunaan *encoding Unicode* maupun pelaksanaan aturan penulisan aksara Bali yang benar secara visual dan *logical*. Aksara Bali merupakan aksara kompleks sehingga tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk *font* biasa. Karenanya tugas akhir ini disusun untuk menciptakan *font* ‘cerdas’ aksara Bali yang dapat memenuhi seluruh kriteria di atas.

Perangkat lunak yang dibangun dalam tugas akhir ini dinamakan *smart font* Bali Galang. *Smart font* Bali Galang merupakan *font TrueType* aksara Bali dengan *encoding Unicode* yang ditambahkan program khusus sehingga mampu melaksanakan perilaku kompleks aksara Bali dengan tetap mempertahankan kesesuaiannya di dalam *memory* komputer. *Smart font* Bali Galang hanya dapat berfungsi dengan baik dalam aplikasi yang telah terintegrasikan mesin *Graphite*. Namun karena sifatnya yang *open source*, baik *smart font* Bali Galang maupun aplikasi-aplikasi yang mendukungnya dapat diperoleh dengan cuma-cuma dan dapat didistribusikan dengan bebas. Pengembangan *smart font* ini diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam melestarikan aksara Bali yang kini sudah semakin jarang digunakan.

Kata kunci: *smart font*, aksara Bali, *font TrueType*, *Graphite*, *Graphite Description Language (GDL)*, *WorldPad*, *SIL International*.

1. PENDAHULUAN

Aksara Bali saat ini digunakan untuk menulis bahasa asli dari penduduk Bali yaitu bahasa Bali. Namun, jumlah kepustakaan dalam aksara Bali di dunia komputer sangat langka. Aksara Bali memiliki beberapa sifat umum yang terbawa dari aksara *Brahmi* purba, contohnya: aksaranya berdasarkan per-suku-kata (konsonan secara alami mendapat akhiran bunyi vokal /-a/) dan ciri penggunaan *virama* untuk mematikan bunyi yang terbawa oleh aksara.

Aksara Bali dapat dikategorikan sebagai aksara kompleks karena beberapa sebab berikut:

1. Susunan *logical* dan visual dari karakternya bisa berbeda (perlu pengaturan ulang).
2. Bentuk dan posisi dari *rendering* karakter yang terletak di atas atau di bawah karakter lainnya sangat bervariasi dan bergantung pada konteks karakternya.
3. Deretan karakter tertentu sering membentuk *ligature* kompleks. *Ligature* adalah sebuah *glyph*

(bentuk huruf yang digunakan) yang dapat merepresentasikan lebih dari satu karakter.

4. Beberapa karakter mungkin memiliki lebih dari satu bagian *glyph* yang terpisah (contohnya *split vowel*).

Saat ini aksara Bali sudah memiliki kodifikasi karakter (*character set*) yang telah disetujui oleh konsorsium *Unicode* dan telah dimasukkan dalam standard *Unicode* internasional (*ISO/IEC 10646*). Kodifikasi karakter akan memungkinkan dioperasikannya bermacam-macam fungsi pemrosesan teks seperti: pencarian, pengurutan, penghitungan kata, dan lain sebagainya. Pencantumannya di dalam standard *Unicode* akan memungkinkan penyimpanan teks aksara Bali ke dalam basis data, jaringan internet, dan masih banyak lagi manfaat yang lainnya.

Namun *font* aksara Bali yang ada saat ini masih belum sesuai dengan standard *Unicode* internasional. Salah satu contohnya adalah proses *rendering* yang dilakukan oleh *font-font* tersebut bersifat visual semata. Susunan *logical*-nya di *memory* masih kacau dan

banyak tingkah laku kompleks aksara Bali yang tidak bisa diakomodasikan. Hal ini dikarenakan aksara Bali sebagai aksara kompleks harus di-render sebagai *smart font*.

Smart font adalah *font* dengan data tambahan yang mengandung instruksi-instruksi bagaimana pemilihan dan peletakan *glyph* dilakukan di layar. Berbeda dengan sistem *encoding font* umumnya yang memiliki pemetaan langsung antara data karakter dengan *glyph* dan peletakannya yang mudah berdampingan satu dengan yang lainnya.

Terdapat tiga teknologi *smart font* yang populer:

1. *Apple Advanced Typography*, dikembangkan oleh *Apple* [FYN04].
2. *OpenType*, dikembangkan oleh *Microsoft* dan *Adobe* [FYN04].
3. *Graphite*, dikembangkan oleh *SIL International* [FYN04].

Graphite dipilih sebagai teknologi untuk mengembangkan aksara Bali karena beberapa alasan. Pertama, *Graphite* telah diimplementasikan pada *Microsoft Windows* dan sifatnya *open-sourced*. *Graphite* juga dikembangkan untuk menangani implementasi dari sistem penulisan untuk bahasa minoritas yang membutuhkan pemrosesan yang tidak didukung pada pengembangan implementasi bahasa yang dikenal luas. Kedua, *OpenType* merupakan teknologi *smart font* yang sangat canggih dan sudah diterima dengan luas namun sifatnya yang tidak *open-sourced* menyebabkan opsi ini menjadi terlalu mahal. Ketiga, *Apple Advanced Typography* hanya tersedia pada *Macintosh* [COR03].

2. STANDARD UNICODE

Standard *Unicode* adalah aturan *encoding* karakter universal untuk karakter dan teks tertulis. *Unicode* mendefinisikan langkah konsisten untuk *encoding* teks multi bahasa sehingga memungkinkan pertukaran data teks secara internasional dan menciptakan landasan bagi perangkat lunak global [UNI06]. *Unicode* menyediakan kapasitas untuk meng-*encode* seluruh karakter yang digunakan dalam bahasa tertulis di seluruh dunia. Jumlah karakter yang bisa di-*encoding* mencapai lebih dari satu juta buah karakter. *Encoding* karakter *Unicode* memperlakukan karakter alfabet, karakter ideografis, dan simbol-simbol dengan sama, yang berarti mereka dapat digunakan dalam percampuran apapun.

Standard *Unicode* menetapkan sebuah nilai numerik (*codepoint*) dan sebuah nama untuk setiap karakternya. Jangkauan *integer* yang digunakan sebagai *codepoint* disebut dengan *codespace*. Dalam standard *Unicode*, *codespace* terdiri dari *integer* dari 0 sampai dengan 10^{FFFF}^{16} , menyediakan 1.114.112 buah *codepoint* yang dapat digunakan. Ketika merujuk *codepoint* dalam standard *Unicode*, biasanya

menggunakan nilai numeriknya dalam heksadesimal dengan prefiks “U+” [UNI06].

Aksara Bali telah resmi dimasukkan ke dalam standard *Unicode* terbaru yaitu versi 5.0 melalui usaha yang cukup panjang oleh Yayasan Bali Galang yang bergerak di bidang kebudayaan khususnya kebudayaan Bali. Karenanya aksara Bali juga sudah memiliki *codepoint* yang dapat digunakan secara internasional. Aksara Bali memperoleh porsi *codespace* dari U+1B00 sampai dengan U+1B7F. Selanjutnya dalam tugas akhir ini akan digunakan *codepoint* dan nama karakter aksara Bali yang sesuai dengan *Unicode*.

3. AKSARA BALI

Aksara Bali digunakan untuk menulis bahasa asli penduduk Bali yaitu bahasa Bali. Aksara Bali berasal dari aksara *Brahmi* purba dari India. Karenanya, aksara Bali memiliki banyak kemiripan dengan aksara-aksara modern di Asia Selatan dan Asia Tenggara yang berasal dari rumpun aksara yang sama. Aksara Bali pada abad ke-11 banyak memperoleh pengaruh dari bahasa Kawi atau Jawa kuno. Versi modifikasi aksara Bali ini digunakan juga untuk menuliskan bahasa Sasak yang digunakan di Pulau Lombok. Beberapa kata-kata dalam bahasa Bali meminjam dari bahasa Sansekerta yang kemudian juga mempengaruhi aksara Bali. Tulisan Bali tradisional ditulis pada daun pohon *siwalan* (sejenis palma), tumpukannya kemudian diikat dan disebut *lontar* [UNI06].

Konsonan aksara Bali memiliki suara vokal /-a/ yang melekat. Konsonan yang digabungkan dengan konsonan berikutnya mengikuti kebiasaan aksara *Brahmi* yaitu vokal yang melekat “dibunuh” atau dihilangkan dengan *adeg-adeg* (*virama*) dan konsonan yang mengikuti ditambahkan di belakangnya [UNI06]. Namun hal ini hanya bisa digunakan pada suku kata terakhir dari suatu kalimat [TIN94b]. Untuk menghilangkan vokal yang melekat pada konsonan yang digabungkan dengan konsonan berikutnya di tengah kata atau kalimat digunakan *gantungan* atau *gempelan*. Setiap konsonan pada aksara Bali memiliki bentuk rupa lain yang digunakan untuk mematkan bunyi vokal konsonan di depannya yang disebut *gantungan* atau *gempelan*. *Gantungan* dituliskan di bawah konsonan sebelumnya (menggantung) sedangkan *gempelan* dituliskan di samping konsonan sebelumnya (menempel). Berikutnya, *gantungan* dan *gempelan* ini akan disebut bentuk gabungan konsonan.

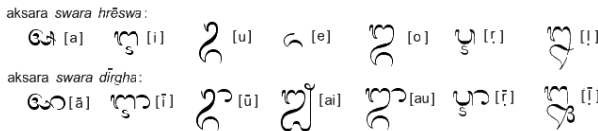
Aksara Bali awalnya hanya berjumlah 18 buah yaitu: ha, na, ca, ra, ka, da, ta, sa, wa, la, ma, ga, ba, nga, pa, ja, ya, dan nya [TIN94b]. Karena jumlah aksaranya yang terbatas sedangkan bahasa Bali terus berkembang terutama mengambil dari bahasa Jawa kuno dan Sansekerta, maka aksara Bali kemudian berkembang menjadi lebih banyak jumlahnya. Menurut Wayan Simpen, AB dalam bukunya “*Pasang Aksara Bali*” (dalam bahasa Indonesia bermakna aturan

penulisan aksara Bali) disebutkan bahwa jumlah vokal sebanyak 14 buah dan konsonan sebanyak 33 buah. Jadi seluruhnya berjumlah 47 buah [SIM95].

Aksara *swara* atau vokal dapat dibagi lagi menjadi aksara *hrĕswa* (suara pendek) dan aksara *dirġha* (suara panjang). Aksara *swara* terdiri dari: a, á, í, í, u, ú, é, ai, o, au, r, ř, l dan Í [SIM95]. Aksara *wianjana* atau konsonan dapat dibagi lagi menurut fonologinya menjadi [TIN94b]:

1. *Kanthy* (*Gutturals*): ka, kha, ga, gha, nga, ha.
2. *Talawya* (*Palatals*): ca, cha, ja, jha, n(y)a, ya, s(h)a.
3. *Murdhanya* (*Cerebrals*): t(t)a, t(t)ha, d(d)a, d(d)ha, n(n)a, ra, s(s)a.
4. *Dantya* (*Dentals*): ta, tha, da, dha, na, la, sa.
5. *Osthy* (*Labials*): pa, pha, ba, bha, ma, wa.

Rupa visual aksara *swara* maupun aksara *wianjana* dapat dilihat pada gambar 2-1 dan 2-2 di bawah.



Gambar 2-1. Aksara swara.

Golongan	Aksara tajam	Bukan aksara tajam	Nasal	Semivokal	Desis	Hembusan
Kanthy	ka kha	ga gha	nga	---	---	ha
Talawya	ca cha	ja jha	n(y)a	ya	s(h)a	---
Murdhanya	t(t)a t(t)ha	d(d)a d(d)ha	n(n)a	ra	s(s)a	---
Dantya	ta tha	da dha	na	la	sa	---
Osthy	pa pha	ba bha	ma	wa	---	---

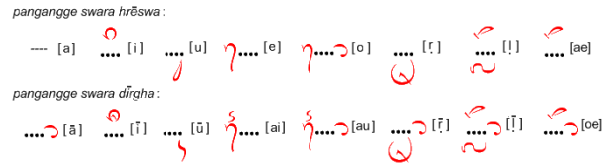
Gambar 2-2. Aksara wianjana.

Aksara-aksara /kha/, /t(t)ha/, /d(d)ha/, dan /cha/ dalam penulisan aksara Bali sudah tidak ada lagi. Dan walaupun masih ada maka aksara tersebut disamakan dengan warga aksara yang bersangkutan, misalnya mengganti /kha/ dengan /ka/. Sedangkan /cha/, yang saat ini masih ada hanyalah *gantungan*-nya saja. Aksara-aksara dalam gambar 2-2 di atas (khususnya aksara /kha/, /t(t)ha/, /d(d)ha/, dan /cha/) telah disesuaikan bentuk *glyph*-nya dengan bentuk *glyph* aksara Bali yang telah didaftarkan dalam *Unicode*.

Aksara /jha/ dan aksara /ai/ (dalam aksara *swara dirġha*) awalnya ditulis dalam bentuk rupa visual yang sama dalam berbagai literatur Bali yang ada. Untuk membedakan keduanya maka rupa visual aksara /jha/ yang terdaftar dalam *Unicode* diganti seperti yang terlihat pada gambar 2-2.

Selain aksara *swara* dan *wianjana*, terdapat pula *pangangge swara* (sandangan vokal), *pangangge tengenan*, angka, dan *ceciren pepaosan* (tanda baca). *Pangangge swara* merupakan tanda vokal dependen sedangkan aksara *swara* merupakan vokal independen.

Pangangge swara tidak bisa berdiri sendiri sehingga penggunaannya menempel pada konsonan (sebagai *diakritik*). Akibatnya akan mengubah bunyi konsonan sesuai dengan *pangangge swara* yang digunakan. Daftar lengkap *pangangge swara* dapat dilihat pada gambar 2-3 di bawah ini.



Gambar 2-3. Pangangge swara.

Pangangge tengenan juga tidak dapat berdiri sendiri. *Bisah* digunakan sebagai pengganti konsonan /ha/ (aksara *wianjana*) yang telah dimatikan bunyi vokalnya tanpa menggunakan *virama* sehingga digunakan sebagai pengganti konsonan /h/. Begitu pula dengan *surang* digunakan sebagai pengganti konsonan /ra/ berbunyi /r/ dan *cecek* digunakan sebagai pengganti konsonan /ng/ yang berbunyi /ng/. *Adeg-adeg* sudah pernah disinggung sebelumnya merupakan tanda yang digunakan untuk membunuh suara vokal konsonan di depannya. Keempat *pangangge tengenan* ini dapat dilihat pada gambar 2-4 di bawah ini.



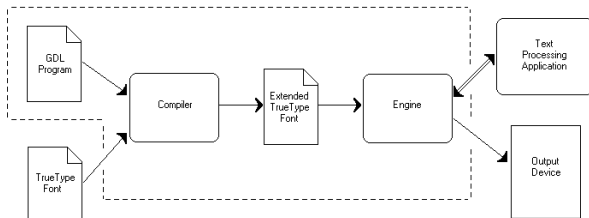
Gambar 2-4. Pangangge tengenan.

Bilangan atau angka dalam aksara Bali dapat dilihat pada gambar 2-5. Aturan penulisan angka dalam aksara Bali adalah bahwa angka tersebut harus dituliskan di antara tanda *carik* yang akan dijelaskan dalam *ceciren pepaosan* atau tanda baca.

Ceciren pepaosan yang bisa dilihat pada gambar 2-6 adalah tanda baca yang digunakan dalam aksara Bali. Tanda-tanda yang digunakan yaitu:

1. *Carik siki*, kedudukannya sama dengan koma, baik dalam kalimat maupun dalam *kakawin*. Di samping itu dipakai juga untuk mengapit *aksara anceng* dan angka [TIN94a].
2. *Carik pareren*, dipakai pada akhir kalimat, kedudukannya sama dengan titik [TIN94a].
3. *Carik pasalinan*, dipakai pada penghabisan karangan, surat, dan lain-lainnya. Selain itu juga digunakan sebagai tanda pergantian tembang pada *geguritan* [TIN94a].
4. *Panti* atau *panten*, dipakai pada permulaan menulis kalimat atau karangan [TIN94a].
5. *Pamada*, dipergunakan sebagai tanda permulaan menulis dan atau mengakhiri kalimat atau karangan [TIN94a].
6. *Carik pasalinan* dan *carik agung*, digunakan pada *kekawin-kekawin* untuk pergantian *wirama* atau *sarga*. Ditulis menggunakan tanda baca *carik pareren* dan *windu* atau *pamada* dan *windu* [TIN94a].

dengan pemetaan antara *glyph* di layar dengan karakter yang mendasarinya. Sistem *Graphite* menyediakan dukungan terhadap mekanisme *editing* seperti klik *mouse* dan seleksi penyorotan. Sebuah *font* dapat diproses dengan sistem *Graphite* dengan meng-*compile* sebuah program yang ditulis dengan *Graphite Description Language (GDL)* ke dalam *font TrueType* biasa. Hasilnya adalah *font TrueType* dengan tabel khusus yang digunakan oleh mesin *Graphite* [COR06].



Gambar 2-7. Arsitektur sistem *Graphite*.

Sistem *Graphite* terdiri dari [COR03]:

1. Bahasa pemrograman *rule-based Graphite Description Language* yang bisa digunakan untuk mendeskripsikan tingkah laku sistem penulisan.
2. *Compiler* untuk bahasa tadi.
3. Mesin *rendering* yang dapat berfungsi sebagai aplikasi pemrosesan teks.

Program *Graphite Description Language (GDL)* menggunakan tabel untuk mengorganisasikan aturan dan penugasan. Tabel diidentifikasi dengan menggunakan kode '*table()*' dan '*endtable*'. Ada enam jenis tabel yang dideklarasikan dengan *feature*, *glyph*, *name*, *linebreak*, *substitution*, dan *positioning*. Tabel *feature* mendefinisikan fitur-fitur yang tersedia dalam *smart font*. Tabel *glyph* digunakan untuk mendefinisikan kelas *glyph* dan menyediakan informasi tentang *glyph-glyph* yang akan digunakan dalam aturan. Tabel *name* digunakan untuk memasukkan informasi *font* seperti nama *font*, pembuat, fitur *font*, dan lain-lain dalam teks multibahasa dalam berkas *GDL* yang di-*compile*. Tabel *linebreak* dapat digunakan untuk menyediakan informasi tentang bagaimana baris sebaiknya dipotong (*linebreaking*). Tabel *substitution* digunakan untuk mendefinisikan aturan untuk pengaturan, substitusi, pemasukan dan penghapusan *glyph* sebelum proses pengaturan posisi. Tabel *positioning* berisi aturan pengaturan posisi *glyph* di layar. Tabel *linebreak*, *substitution*, dan *positioning* digunakan dalam proses *rendering*.

Tabel-tabel yang mengandung aturan (tabel *linebreak*, *substitution*, dan *positioning*) dikelompokkan dalam satu atau lebih *pass* yang terurut. *Pass* diidentifikasi dengan kode '*pass()*' dengan parameter angka. Pernyataan '*endpass*' menghentikan *pass*. Setiap *pass* menggunakan deretan *glyph* sebagai masukan, memproses isinya, dan menghasilkan aliran keluaran. Urutan keluaran ini kemudian menjadi masukan bagi *pass* berikutnya. *Pass* awal mengubah karakter *Unicode* menjadi *glyph*. *Pass* lainnya menjalankan aturan, melaksanakan pencocokan

pada aliran masukan dan meletakkan hasil pelaksanaan aturan pada aliran keluaran. *Pass* terakhir meletakkan *glyph* ke posisi final untuk proses *rendering*.

6. AKSARA BALI DALAM STANDARD *UNICODE 5.0*

Melalui proses yang panjang, aksara Bali akhirnya dapat didaftarkan dalam standard *Unicode* versi 5.0 pada tahun 2006 melalui konsorsium *Unicode*. Aksara Bali memperoleh porsi *codepoint* dari U+1B00 sampai dengan U+1B7F dengan total 128 slot dan terisi 121 buah karakter. Detail karakter aksara Bali yang terdaftar adalah sebagai berikut:

1. 1B00 – 1B04: berbagai lambang.
2. 1B05 – 1B12: vokal independen.
3. 1B13 – 1B33: konsonan.
4. 1B34: lambang (*BALINESE SIGN REREKAN*).
5. 1B35 – 1B43: tanda vokal dependen.
6. 1B44: lambang (*BALINESE ADEG ADEG*).
7. 1B45 – 1B4B: konsonan tambahan (aksara Sasak).
8. 1B50 – 1B59: angka.
9. 1B5A – 1B60: tanda baca.
10. 1B61 – 1B6A: simbol musik untuk nada.
11. 1B6B – 1B73: tanda *diakritik* untuk simbol musik.
12. 1B74 – 1B7C: simbol musik lainnya.

Bentuk gabungan konsonan aksara Bali tidak dimasukkan ke dalam peta karakter *Unicode* karena merepresentasikan informasi yang sama dengan konsonan itu sendiri. Sehingga yang didaftarkan hanya bentuk konsonan dasarnya saja. Nantinya akan menjadi tugas *smart font* untuk secara otomatis mengubah bentuk *glyph* konsonan aksara Bali apakah akan menggunakan bentuk konsonan dasar atau bentuk gabungannya. Dalam gambar 3-1 berikut ditunjukkan bentuk dasar dan bentuk gabungan dari konsonan aksara Bali.

7. FONT TRUETYPE AKSARA BALI

Perangkat lunak yang disusun dalam tugas akhir ini dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu *font TrueType* aksara Bali dan program *GDL* yang berisi aturan penulisan *font TrueType* aksara Bali tersebut.

Font TrueType aksara Bali yang akan digunakan dalam implementasi Bali Galang merupakan modifikasi *font TrueType* Bali Simbar versi B yang dikembangkan oleh Bapak Made Suatjana. Beberapa *glyph* baru yang tidak tersedia dalam *font TrueType* Bali Simbar versi B dibuat sendiri dengan meniru contoh *glyph* dalam tabel karakter *Unicode*.

Selanjutnya *font* aksara Bali modifikasi tersebut juga ditambahkan informasi *attachment point* dan nama *postscript* untuk setiap *glyph* yang ada. *Attachment point* adalah sebuah titik yang didefinisikan relatif pada garis *glyph* yang berguna sebagai titik pandu dalam penggabungan dua buah *glyph* agar posisinya sesuai satu sama lain. Nama *postscript* adalah nama yang diberikan oleh desainer *font* untuk mengasosiasikan *glyph*.

8. PERILAKU KOMPLEKS AKSARA BALI

Aksara-aksara Asia yang berasal dari aksara Arab dan *Brahmi* dapat dikategorikan sebagai aksara kompleks karena beberapa sebab berikut:

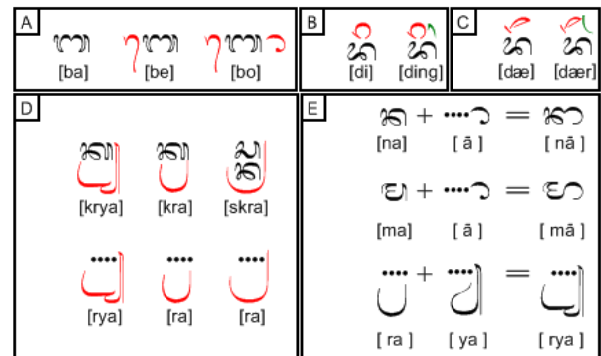
1. Susunan *logical* dan visual dari karakternya bisa berbeda (perlu pengaturan ulang).
2. Teks Arab dibaca dari kanan ke kiri, namun angka dibaca dari kiri ke kanan (memerlukan *rendering* dua arah).
3. Bentuk dan posisi dari *rendering* karakter yang terletak di atas atau di bawah karakter lainnya sangat bervariasi dan bergantung pada konteks karakternya (memerlukan substitusi dan pengaturan *glyph* yang bergantung pada konteks).
4. Deretan karakter tertentu sering membentuk *ligature* kompleks (memerlukan substitusi dan komposisi banyak *glyph* ke satu *glyph* baru).
5. Beberapa karakter mungkin memiliki lebih dari satu bagian *glyph* yang terpisah.

Karena aksara Bali sendiri merupakan turunan dari aksara *Brahmi* dan memiliki sebagian besar ciri aksara kompleks di atas maka dapat dipastikan bahwa aksara Bali merupakan aksara kompleks. Perilaku kompleks yang dimiliki oleh aksara Bali sehingga menuntut *rendering* kompleks pula di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Memerlukan pengaturan ulang dan pemisahan karakter. Beberapa karakter mungkin memiliki lebih dari satu bagian *glyph* yang terpisah.
2. Peletakan *diakritik* yang berbeda-beda sesuai dengan konteks aksara yang diikutinya.
3. Pemilihan *glyph* yang disesuaikan dengan kontekstual aksaranya. Bentuk dan posisi dari

rendering karakter yang terletak di atas atau di bawah karakter lainnya sangat bervariasi.

4. Pembentukan *ligature* kompleks.



Gambar 3-3. Perilaku kompleks aksara Bali.

Gambar 3-3.A memperlihatkan tiga aksara *wianjana* /ba/ (U+1B29 *BALINESE LETTER BA*). Aksara kedua memperoleh *pangangge swara* /e/ (U+1B3E *BALINESE VOWEL SIGN TALING*) sehingga berubah menjadi /be/. Menurut '*Pasang Aksara Bali*', *taling* diletakkan di sebelah kiri konsonan sehingga rupa visualnya seolah-olah menunjukkan bahwa *taling* ditulis terlebih dahulu baru kemudian aksara /ba/. Padahal *taling* ditulis belakangan yang kemudian mengubah bunyi aksara /ba/. Hal ini menunjukkan perilaku kompleks aksara Bali yang memerlukan pengaturan ulang. Aksara ketiga memperoleh *pangangge swara* /o/ (U+1B40 *BALINESE VOWEL SIGN TALING TEDUNG*) sehingga berubah bunyi menjadi /bo/. Menurut aturan penulisan aksara Bali, *taling tedung* dituliskan terpisah. Satu bagian mengapit di kiri konsonan (*taling*), dan satu bagian lagi mengapit sebelah kanan konsonan (*tedung*). Hal ini memperlihatkan perilaku kompleks aksara Bali yang memerlukan pemisahan dan pengaturan ulang karakter. Selain itu *taling tedung* juga menjadi contoh karakter yang memiliki lebih dari satu *glyph*.

Gambar 3-3.B dan 3-3.C memperlihatkan peletakan *diakritik* yang berbeda-beda sesuai dengan konteks aksaranya. Pada gambar III-1.B terdapat dua buah aksara *wianjana* /da/ (U+1B24 *BALINESE LETTER DA*). Aksara pertama memperoleh *pangangge swara* /i/ (U+1B36 *BALINESE VOWEL SIGN ULU*) sehingga berbunyi /di/. Aksara kedua memperoleh *ulu* dan *pangangge tengenan* yang berbunyi /ng/ (U+1B02 *BALINESE SIGN CECEK*) sehingga berbunyi /ding/. *Ulu* pada aksara /da/ pertama terletak tepat di tengah-tengah sedangkan *ulu* pada aksara /da/ kedua sedikit tergeser oleh *cecek*.

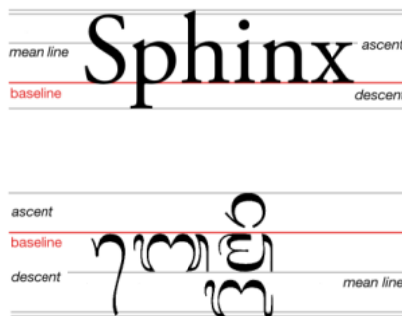
Pada gambar 3-3.C terdapat dua buah aksara *wianjana* /da/ pula. Aksara pertama memperoleh *pangangge swara* /ae/ (U+1B42 *BALINESE VOWEL SIGN PEPET*) sehingga berbunyi /dae/ (seperti bunyi /de/ pada kata 'derap'). Aksara kedua memperoleh *pepet* dan *pangangge tengenan* yang berbunyi /r/ (U+1B03 *BALINESE SIGN SURANG*) sehingga berbunyi /daer/. *Pepet* pada aksara /da/ pertama terletak

tepat di tengah-tengah sedangkan *pepet* pada aksara /da/ kedua bukan hanya tergeser oleh *surang*, tetapi juga menjadi lebih pipih agar lebar keduanya tidak melebihi lebar aksara /da/ itu sendiri.

Gambar 3-3.D menunjukkan berbagai bentuk *glyph* dari *gantungan* aksara *wianjana* /ra/ (U+1B2D BALINESE LETTER RA) yang dinamakan juga *cakra* atau *guung*. Bentuk *glyph cakra* pada aksara pertama yang berbunyi /krya/ merupakan *ligature* yang pembentukannya bisa dilihat pada gambar 3-3.E. Bentuk *glyph cakra* pada aksara kedua yang berbunyi /kra/ lebarnya tidak selebar bentuk *glyph cakra* pada aksara ketiga yang berbunyi /skra/. Selain itu, ujung *glyph cakra* kedua menempel pada aksara di atasnya sedangkan ujung *glyph cakra* ketiga naik sehingga sejajar dengan aksara di atasnya. Hal ini menunjukkan perilaku kompleks aksara Bali pada sebagian karakternya yang memerlukan pemilihan *glyph* yang disesuaikan dengan kontekstual aksaranya.

Gambar terakhir 3-3.E menunjukkan proses pembentukan beberapa *ligature* yang terdapat pada aksara Bali. Ketika aksara /na/ (U+1B26 BALINESE LETTER NA) diikuti oleh pangangge swara /á/ (U+1B35 BALINESE VOWEL SIGN TEDUNG) maka otomatis *glyph* keduanya diganti dengan *glyph* tunggal yang berbeda. Begitu pula dengan aksara-aksara berikutnya pada gambar 3-3.E.

Penulisan teks aksara Bali tidak seperti penulisan aksara *Roman* dimana penulisannya menggantung pada *baseline* alih-alih “duduk” pada *baseline*. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3-4 berikut ini.



Gambar 3-4. Penulisan teks aksara Bali.

Selain itu, aturan penulisan aksara Bali yang cukup rumit adalah tidak adanya jarak atau spasi antar kata dalam kalimat maupun antar kalimat. Namun aturan ini tidak mutlak dimana pengguna aksara Bali bisa memilih untuk memakai spasi atau tidak. Umumnya buku pelajaran aksara Bali di sekolah dasar memakai aturan penulisan aksara Bali dengan menggunakan jarak spasi antar kata untuk mempermudah proses belajar mengajar.

Namun hal ini juga tidak mudah karena aturan penulisan aksara Bali yang kompleks menyebabkan hubungan antar kata tidak selalu dapat diberi jarak atau spasi kosong. Contohnya dapat dilihat pada gambar 3-4. Kalimat dalam aksara Bali tersebut berbunyi “Budi

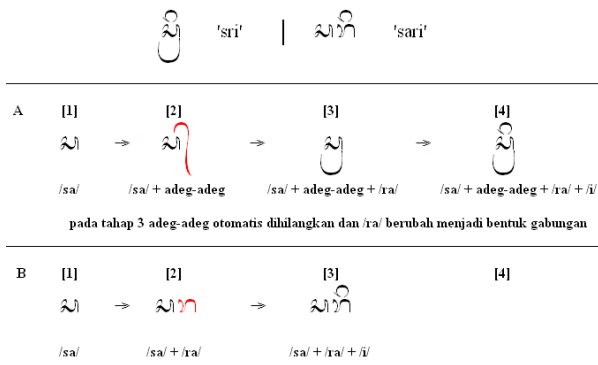
bermain bola.”. Pengguna aksara Bali memutuskan menggunakan spasi antar kata. Hal ini dapat dilihat pada jarak antara kata pertama dan kedua. Namun spasi tidak mungkin untuk digunakan antara kata kedua dan ketiga karena konsonan terakhir /na/ (U+1B26 BALINESE LETTER NA) dalam kata “bermain” digantung dengan konsonan pertama /ba/ (U+1B29 BALINESE LETTER BA) dalam kata “bola” (atau dalam hal ini /bo/).



Gambar 3-4. Contoh kalimat dalam aksara Bali mempergunakan spasi.

Sebelumnya telah disebutkan bahwa huruf konsonan aksara Bali dan tambahan konsonan untuk bahasa Sasak memiliki dua bentuk yaitu bentuk dasar dan bentuk gabungan. Hal ini menimbulkan suatu permasalahan baru, yaitu mengenai pemilihan bentuk konsonan yang ingin dipergunakan. Contohnya adalah membedakan penulisan kata ‘sri’ dan ‘sari’. Kedua kata memiliki huruf penyusun yang sama, yaitu /sa/ (U+1B32 BALINESE LETTER SA), /ra/ (U+1B2D BALINESE LETTER RA), dan /i/ (U+1B36 BALINESE VOWEL SIGN ULU). Perbedaan keduanya adalah kata ‘sri’ menggunakan huruf /ra/ bentuk gabungan (dan mematikan bunyi /a/ pada huruf /sa/) sedangkan kata ‘sari’ menggunakan huruf /ra/ bentuk dasar. Permasalahannya adalah bagaimana mekanisme untuk mengetahui bahwa pengguna ingin menuliskan kata ‘sri’ dengan huruf /ra/ bentuk gabungan dan bukan kata ‘sari’ dengan huruf /ra/ bentuk dasar.

Hal ini dapat diselesaikan dengan solusi yang cukup sederhana. Aksara turunan dari aksara *Brahmi* memiliki satu karakter khusus yang berguna untuk membunuh bunyi vokal /a/ yang mengikuti konsonan yang disebut *virama*. Dalam aksara Bali, *virama* ini adalah karakter *adeg-adeg* (U+1B44 BALINESE ADEG-ADEG). Jadi, mekanisme untuk memilih penulisan huruf konsonan bentuk gabungan adalah dengan menuliskan karakter *adeg-adeg* di antara konsonan yang ingin dimatikan bunyi /a/-nya dengan konsonan yang ingin ditulis dalam bentuk gabungan. *Smart font* akan menerima kombinasi karakter ini dan melaksanakan aturan untuk menghilangkan karakter *adeg-adeg* (karena *adeg-adeg* tidak boleh ditulis di tengah kata menurut ‘*Pasang Aksara Bali*’) dan mengubah konsonan yang mengikuti *adeg-adeg* dengan bentuk gabungannya. Sehingga dalam contoh di atas, kata ‘sri’ tidak terdiri dari tiga karakter penyusun namun empat karakter, ditambah karakter *adeg-adeg*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada ilustrasi di gambar 3-5.



Gambar 3-5. Mekanisme pemilihan bentuk konsonan.

Perilaku-perilaku ini secara alami menempatkan batasan-batasan pada pendesain *font* karena *glyph* harus cocok dengan analisis perilaku pembentukan aksara yang ditentukan pada saat aplikasi ditulis atau sewaktu mendesain *encoding*. Seringkali analisis hanya cocok digunakan pada bentuk atau gaya dari satu aksara. Karenanya digunakan teknologi *smart font*.

9. KAPABILITAS GRAPHITE UNTUK RENDERING AKSARA BALI

Kapabilitas *Graphite* dalam aksara kompleks menentukan perilaku kompleks aksara Bali apa saja yang bisa diimplementasikan nantinya dalam *smart font* yang akan dibuat. Berikut adalah perilaku kompleks aksara Bali yang akan dapat diimplementasikan:

1. Pembentukan kontekstual (*contextual shaping*).
Pembentukan kontekstual berarti pemilihan *glyph* untuk karakter yang diberikan dipengaruhi oleh karakter yang bertetangga dengan dirinya. Karenanya untuk karakter yang sama tidak dapat diasumsikan akan dapat di-render dengan *glyph* yang sama dalam dua situasi yang berbeda.
2. Korespondensi kompleks karakter ke *glyph*.
Dalam memilih *glyph* untuk merepresentasikan karakter, *Graphite* mengizinkan kombinasi pemetaan satu ke satu, satu ke banyak, banyak ke satu, dan banyak ke banyak. Contohnya adalah U+1B40 *BALINESE VOWEL SIGN TALING TEDUNG* yang merupakan pemetaan satu ke dua.
3. Pengaturan posisi (*positioning*).
Glyph yang di-render dapat diatur posisinya baik secara vertikal maupun horisontal sehingga hasil keluaran *rendering*-nya tampak sama sekali berbeda dari apa yang dihasilkan oleh “*dumb font*” dengan hanya metrik dasar dan tabel *kerning*. Situasi umum dimana hal ini diperlukan adalah untuk menciptakan tumpukan *diakritik* atau untuk meletakkan *diakritik* pada lokasi yang berbeda-beda yang tidak kentara pada berbagai *glyph* dasar.
4. *Ligature*.
Dalam *Graphite*, istilah *ligature* tidak hanya berarti me-render rangkaian karakter dengan satu *glyph*, namun juga berarti asosiasi antara elemen visual

dengan karakter yang mendasarinya (*logical*). Untuk setiap *ligature*, memungkinkan untuk menyatakan wilayah persegi terpisah yang sesuai dengan karakter-karakter yang mendasarinya. Memilih karakter tersebut akan menyorot wilayah yang sesuai dan begitu pula sebaliknya.

5. Pengaturan ulang (*reordering*) dan pemisahan (*splitting*).
Glyph aksara Bali dapat ditampilkan dalam susunan yang berbeda dari susunan karakter yang mendasarinya (*logical-nya*). Perilaku ini cukup umum untuk aksara-aksara dari daerah Asia Selatan dan Asia Tenggara, dimana beberapa vokal di-render sebelum konsonan yang mendahuluinya. Karakter U+1B40 *BALINESE VOWEL SIGN TALING TEDUNG* terpisah menjadi dua *glyph* dan di-render pada kedua sisi konsonan yang mendahuluinya. Konsonan dan vokal yang berasosiasi dengannya dapat dipandang sebagai satu bagian, dan terkadang bisa dianggap tidak baik untuk memilih atau mengubah elemen bagian secara terpisah.
6. Cursor terpisah (*split insertion bars*).
Cursor terpisah ini berguna ketika rangkaian *glyph* tidak mengikuti susunan linier horisontal yang ketat yang mematuhi urutan karakter yang bersesuaian.
7. Pemotongan baris.
Graphite dapat menjadi mesin pemotongan baris untuk aksara yang perilaku pemotongan barisnya dapat dijabarkan dalam aturan. *Graphite* me-render sebuah paragraf per satu baris, mengisi baris sepeenuh mungkin dan memotong baris di lokasi yang dianggap paling baik oleh *font*. Mesin *Graphite* akan mencoba memilih pemotongan yang paling diinginkan, dari yang paling ideal ke kurang ideal sampai menemukan porsi teks yang cukup atau memutuskan bahwa tidak ada teks yang akan cukup bahkan pada kondisi pemotongan yang tidak ideal sekalipun.
8. Jusifikasi teks.
Jusifikasi teks meliputi pengaturan lebar baris dari teks agar mengisi secara tepat ruang yang tersedia.

10. ATURAN PENULISAN AKSARA BALI YANG DIIMPLEMENTASIKAN

Aturan-aturan penulisan aksara Bali yang akan diimplementasikan dalam perangkat lunak nantinya diambil dari dua literatur utama untuk aksara Bali yaitu buku karangan I Nengah Tinggen yang berjudul “*Celah-Celah Kunci Pasang Aksara Bali*” dan “Pedoman Perubahan Ejaan Bahasa Bali dengan Huruf Latin dan Huruf Bali”. Aturan-aturan tersebut adalah sebagai berikut ini:

1. Konsonan bentuk dasar yang mengikuti *adeg-adeg* (U+1B44 *BALINESE ADEG-ADEG*) diubah menjadi bentuk gabungannya dan *adeg-adeg*

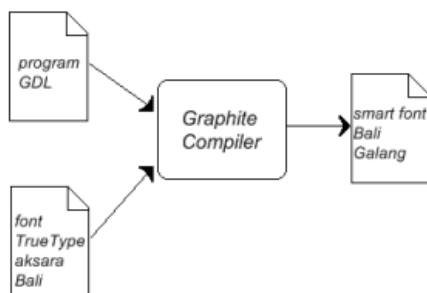
- dihilangkan, baik untuk konsonan yang langsung mengikuti *adeg-adeg* ataupun yang dipisahkan oleh spasi (bukan satu kata). Proses ini sering diistilahkan ‘konsonan dibunuh’ yang berarti dihilangkan bunyi vokal /-a/-nya [TIN94b].
2. Sebagian besar konsonan memiliki bentuk gabungan yang terletak di bawah karakter (dalam hal ini konsonan) sebelumnya. Jika hal ini dilakukan dua kali maka akan terjadi tumpuk tiga. Contohnya dalam kata 'taMBLang'. Hal ini harus dihindari. Karenanya, jika terjadi kondisi ini konsonan bentuk gabungan pertama diubah lagi menjadi konsonan dasar dan *adeg-adeg* (U+1B44 *BALINESE ADEG-ADEG*), kemudian konsonan kedua dan ketiga mengikuti aturan yang biasa. Sama dengan di atas, spasi bersifat opsional (tidak mempengaruhi) [TIN94b].
 3. Khusus konsonan bentuk gabungan yang mendatar (*gempelan*) jika diikuti oleh *adeg-adeg* (U+1B44 *BALINESE ADEG-ADEG*) dan konsonan (dan otomatis konsonan berubah menjadi bentuk gabungan) tidak akan membentuk tumpuk tiga sehingga dapat ditulis apa adanya. Spasi bersifat opsional [TIN94b].
 4. Hanya tiga konsonan /ya/ (U+1B2C *BALINESE LETTER YA*), /ra/ (U+1B2D *BALINESE LETTER RA*), dan /wa/ (U+1B2F *BALINESE LETTER WA*) yang boleh melakukan tumpuk tiga dimana konsonan /ya/, /ra/, dan /wa/ menjadi konsonan ketiga [TIN94a].
 5. *Diakritik* U+1B3E *BALINESE VOWEL SIGN TALING* dan U+1B3F *BALINESE VOWEL SIGN TALING REPA* yang ditulis mengikuti konsonan, peletakkannya di layar justru terbalik yaitu ditulis sebelum konsonan tadi.
 6. Konsonan U+1B32 *BALINESE LETTER SA* yang dibunuh dan diikuti konsonan U+1B18 *BALINESE LETTER CA* atau U+1B30 *BALINESE LETTER SA SAGA* diganti dengan U+1B30 *BALINESE LETTER SA SAGA*. Aturan ini hanya berlaku dalam satu kata. Contohnya adalah kata 'Pascad' dan 'Pascima' [TIN94a].
 7. Konsonan U+1B24 *BALINESE LETTER DA* yang dibunuh dan diikuti konsonan U+1B1C *BALINESE LETTER NYA* diganti dengan U+1B1A *BALINESE LETTER JA*. Aturan ini hanya berlaku dalam satu kata. Contohnya adalah kata 'Pradnyan' yang berubah menjadi 'Prajnyan' [TIN94a].
 8. Konsonan U+1B32 *BALINESE LETTER SA* yang mengikuti konsonan U+1B13 *BALINESE LETTER KA* yang dibunuh, diganti dengan U+1B31 *BALINESE LETTER SA SAPA*. Aturan ini hanya berlaku dalam satu kata. Contohnya adalah kata 'Taksi' dan 'Paksa' [TIN94a].
 9. Konsonan U+1B26 *BALINESE LETTER NA* yang dibunuh dan diikuti konsonan U+1B1D *BALINESE LETTER TA LATIK* atau U+1B25 *BALINESE LETTER DA MADU* diganti dengan U+1B21 *BALINESE LETTER NA RAMBAT*. Aturan ini hanya berlaku dalam satu kata. Contohnya adalah kata 'Kanta' dan 'Pandu' [TIN94a].
 10. Konsonan U+1B32 *BALINESE LETTER SA* yang dibunuh dan diikuti konsonan U+1B1D *BALINESE LETTER TA LATIK*, U+1B21 *BALINESE LETTER NA RAMBAT*, U+1B13 *BALINESE LETTER KA*, atau U+1B27 *BALINESE LETTER PA* diganti dengan U+1B31 *BALINESE LETTER SA SAPA*. Aturan ini hanya berlaku dalam satu kata. Contohnya adalah kata 'Dusta' dan 'Kresna' [TIN94a].
 11. Konsonan U+1B26 *BALINESE LETTER NA* yang dibunuh dan diikuti konsonan U+1B18 *BALINESE LETTER CA* atau U+1B1A *BALINESE LETTER JA* diganti dengan U+1B1C *BALINESE LETTER NYA*. Aturan ini hanya berlaku dalam satu kata. Contohnya adalah kata 'Panca' yang berubah menjadi 'Panyca' [TIN94a].
 12. Konsonan U+1B26 *BALINESE LETTER NA* yang mengikuti konsonan U+1B2D *BALINESE LETTER RA* atau U+1B03 *BALINESE SIGN SURANG* diganti dengan U+1B21 *BALINESE LETTER NA RAMBAT*. Aturan ini hanya berlaku dalam satu kata. Contohnya adalah kata 'Karna' dan 'Rana' [TIN94a].
 13. Konsonan U+1B32 *BALINESE LETTER SA* yang mengikuti konsonan U+1B2D *BALINESE LETTER RA* atau U+1B03 *BALINESE SIGN SURANG* diganti dengan U+1B31 *BALINESE LETTER SA SAPA*. Aturan ini hanya berlaku dalam satu kata. Contohnya adalah kata 'Warsa' dan 'Rasa' [TIN94a].
 14. Konsonan U+1B2D *BALINESE LETTER RA* dan U+1B2E *BALINESE LETTER LA* yang diubah bunyi vokalnya oleh U+1B42 *BALINESE VOWEL SIGN PEPET* diganti dengan U+1B0B *BALINESE LETTER RA REPA* dan U+1B0D *BALINESE LETTER LA LENGA* [TIN94a].
 15. Konsonan U+1B2D *BALINESE LETTER RA* bentuk gabungan yang diikuti oleh konsonan U+1B2C *BALINESE LETTER YA* bentuk gabungan (tumpuk tiga) diganti dengan bentuk *ligature* gabungan keduanya.
 16. Konsonan U+1B17 *BALINESE LETTER NGA* yang dibunuh diganti dengan U+1B02 *BALINESE SIGN CECEK* [TIN94a].
 17. Konsonan U+1B33 *BALINESE LETTER HA* yang dibunuh diganti dengan U+1B04 *BALINESE SIGN BISAH* [TIN94a].

18. *Diakritik* U+1B02 *BALINESE SIGN CECEK*, U+1B03 *BALINESE SIGN SURANG*, dan U+1B04 *BALINESE SIGN BISAH* yang diikuti oleh konsonan U+1B33 *BALINESE LETTER HA* berubah menjadi konsonan U+1B17 *BALINESE LETTER NGA*, U+1B2D *BALINESE LETTER RA*, dan U+1B33 *BALINESE LETTER HA*. Aturan ini hanya berlaku dalam satu kata. (*Aturan tengenan majalan*) [TIN94a].
19. Sebagian besar konsonan jika diikuti oleh U+1B35 *BALINESE VOWEL SIGN TEDUNG* berubah menjadi bentuk *ligature* kombinasi keduanya.

11. DESKRIPSI UMUM PERANGKAT LUNAK

Perangkat lunak yang disusun dalam tugas akhir ini adalah sebuah *smart font* aksara Bali yang diberi nama *smart font* Bali Galang. Nama *smart font* “Bali Galang” itu sendiri diambil dari nama yayasan nirlaba yang atas dedikasi dan usahanya berhasil memasukkan aksara Bali dalam standard internasional *Unicode* versi 5.0. Bali Galang dalam bahasa Bali juga berarti Bali Terang.

Smart font Bali Galang adalah *font* cerdas yang mampu mengakomodasikan perilaku kompleks aksara Bali (yang tergolong aksara kompleks). Bali Galang merupakan *font TrueType* aksara Bali yang ditambahkan program berupa data tabel aturan penulisan aksara Bali dalam *Graphite Description Language (GDL)*. *Font TrueType* tersebut digabungkan dengan program *GDL* melalui sebuah *compiler Graphite* yang sudah tersedia. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4-1 berikut.



Gambar 4-1. Arsitektur *smart font* Bali Galang.

Smart font ini nantinya tidak bisa digunakan pada seluruh aplikasi pemrosesan teks yang ada. Program *GDL* yang tertanam pada *smart font* hanya dapat dibaca oleh mesin khusus tertentu. Aplikasi yang sudah mendukung *Graphite* adalah aplikasi *WorldPad*, *OpenOffice* versi 3.0, dan versi *Graphite-enabled* dari browser *Firefox* dan email client *Thunderbird*. *Smart font* Bali Galang jika digunakan oleh aplikasi pemrosesan teks biasa akan menjadi “*dumb*” font atau

font TrueType biasa tanpa bisa me-render perilaku khusus aksara Bali.

Smart font Bali Galang dikembangkan dengan tujuan untuk menciptakan *font* aksara Bali yang dapat mendukung perilaku kompleks aksara Bali serta dapat digunakan secara luas karena menggunakan *encoding* karakter internasional *Unicode*. Selain itu, pengembangan *smart font* ini diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam melestarikan aksara Bali yang kini sudah semakin jarang digunakan. Dengan memanfaatkan perkembangan teknologi diharapkan *smart font* ini akan dapat merangkul generasi muda untuk menggunakannya sehingga aksara Bali tidak ditinggalkan.

Bahasa pemrograman yang digunakan dalam pengembangan *smart font* Bali Galang adalah *Graphite Description Language* dengan *Graphite Compiler* versi 2.4. Kakas yang digunakan dalam pembangunan *font TrueType* aksara Bali adalah *FontLab Studio* versi 5. Untuk pengujian visual font digunakan kakas *SIL FieldWorks WorldPad* versi 2.8. Selain itu juga digunakan perangkat lunak lainnya seperti *PSPad Editor* untuk pengembangan kode program serta *Microsoft Keyboard Layout Creator* versi 1.4 untuk pembuatan *keyboard driver* sementara untuk keperluan pengujian.

12. PENGUJIAN

Pengujian terhadap perangkat lunak *smart font* Bali Galang bertujuan untuk:

1. Mengetahui kinerja *smart font* Bali Galang pada aplikasi pemrosesan teks *WorldPad*.
2. Mengetahui kesesuaian asosiasi antara karakter aksara Bali yang ditampilkan di layar dengan karakter yang mendasarinya di dalam *memory*.
3. Mengetahui kebenaran *smart font* Bali Galang dalam mengakomodasikan tingkah laku kompleks aksara Bali.
4. Mengetahui kesesuaian karakter *smart font* Bali Galang dengan standard *Unicode* versi 5.0.
5. Mengetahui kinerja *smart font* Bali Galang pada aplikasi pemrosesan teks yang tidak mendukung *Graphite*.

Pengujian *smart font* Bali Galang dilakukan dengan menggunakan kakas *SIL FieldWorks WorldPad* versi 2.8. Kakas ini merupakan aplikasi pemrosesan teks yang mampu membaca program *GDL* yang tertanam dalam *smart font* sehingga mampu menjalankan *smart font* dengan baik. Selain itu aplikasi ini juga mampu membangkitkan berkas catatan proses yang dikerjakan di *memory* ketika *smart font* dijalankan. Berkas inilah yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan pengujian.

Untuk keperluan pengujian juga diperlukan *keyboard driver* dengan *layout keyboard* yang mampu memasukkan karakter *Unicode* aksara Bali ke *memory*.

14. SARAN

Beberapa saran untuk pengembangan tugas akhir ini antara lain:

1. Pendefinisian aturan-aturan mengenai penggunaan huruf suci (simbol *modre*), notasi musik dan simbol musik lainnya serta konsonan tambahan untuk bahasa Sasak dapat melengkapi keterbatasan *smart font* Bali Galang saat ini.
2. Aturan penulisan aksara Bali yang didefinisikan dalam *smart font* Bali Galang sudah cukup lengkap dan dapat digunakan dalam berbagai variasi penulisan aksara Bali. Namun tidak menutup kemungkinan masih ada aturan penulisan aksara Bali yang terlupa ataupun tidak tercantum dalam literatur yang digunakan selama pengembangan *smart font* Bali Galang. Karenanya jika dirasa perlu dapat dilakukan penambahan aturan-aturan penulisan aksara Bali dalam pengembangan *smart font* Bali Galang berikutnya.
3. *Glyph* yang tersedia dalam *smart font* Bali Galang masih dapat ditambahkan lagi jumlahnya untuk mendukung variasi penulisan aksara Bali.
4. Bentuk *font* aksara Bali tidak terbatas hanya pada gaya yang digunakan dalam *font TrueType* Bali Galang ataupun Bali Simbar. Dapat dilakukan pengembangan gaya bentuk lainnya seperti bentuk modern, bentuk alternatif, ataupun kreasi kreatif lainnya yang kemudian tetap dapat ditambahkan fungsi cerdas menjadi *smart font*.
5. Tugas akhir ini melakukan pengujian *smart font* Bali Galang dalam aplikasi pemrosesan teks *WorldPad*. Namun penggunaan *smart font* Bali Galang tidak terbatas pada aplikasi ini saja. Ke depannya diharapkan *smart font* Bali Galang juga dapat diujikan kinerjanya dalam *web browser Mozilla Firefox*, *email client Mozilla Thunderbird*, dan aplikasi pemrosesan teks *Open Office*.
6. *SIL International* yang merupakan pengembang *Graphite* dan *Graphite Description Language* juga menyediakan *Graphite API* untuk diimplementasikan dalam aplikasi pemrosesan teks. Hal ini memungkinkan pengembangan dukungan terhadap aksara Bali berikutnya seperti aplikasi pemrosesan teks khusus aksara Bali yang memiliki fungsi *dictionary*, *thesaurus*, fungsi pencarian, fungsi pengurutan, fungsi penghitungan kata, dan lain sebagainya.
7. Teknologi *smart font Graphite* dapat pula diimplementasikan dalam aksara-aksara daerah lainnya di Indonesia selain aksara Bali seperti aksara Jawa, aksara Bugis, dan aksara Sunda.
8. *Keyboard driver* yang digunakan dalam pengujian *smart font* Bali Galang dipetakan menurut keinginan penulis. Tidak ada kaidah-kaidah yang perlu ditaati dalam mendefinisikan *keyboard driver*

sehingga *keyboard driver* ini tidak bersifat mengikat dan setiap pengguna dapat mendefinisikan pemetaan *keyboard driver* menurut kenyamanannya sendiri.

15. DAFTAR PUSTAKA

- [AGE07] Ager, Simon. (2007). *Writing Systems and Languages of the World: Balinese*. Omniglot.
<http://www.omniglot.com/writing/balinese.htm>. Tanggal Akses: 27 Oktober 2007.
- [CAB04] Cabarga, Leslie. (2004). *Learn FONTLAB Fast*. Iconoclassics Publishing Co.
- [COR03] Correll, Sharon. (2003). *Graphite: Frequently Asked Questions*. SIL International.
http://scripts.sil.org/cms/scripts/page.php?site_id=nrsi&item_id=GraphiteFAQ. Tanggal Akses: 27 Oktober 2007.
- [COR06] Correll, Sharon. (2006). *Graphite Application Programmer's Guide (Implementing Graphite support in your text-processing application)*. SIL International.
- [GIL03] Gillam, Richard. (2003). *Unicode Demystified (A Practical Programmer's Guide to the Encoding Standard)*. Addison-Wesley.
- [HAB05] Habibi, Imam. (2005). *Pemrosesan Teks Berbasis Standard Unicode Aksara Bali*. Tugas Akhir STEI ITB.
- [HOS00] Hosken, M., B. Hallissy, W. Cleveland, S. Correll, A. Ward. (2000). *Graphite Description Language*. SIL International.
- [KOR06] Korpela, Jukka K. (2006). *Unicode Explained*. O'Reilly Media, Inc.
- [SIM95] Simpen, Wayan. (1995). *Pasang Aksara Bali*. Upada Sastra.
- [SUD03] Sudewa, Ida Bagus Adi. (2003). *Proposal Pembuatan Character Encoding, Smart Font, dan Keyboard Driver untuk Aksara Bali*. Yayasan Bali Galang.
<http://www.babadbali.com/aksarabali/proposal-ind.htm>. Tanggal Akses: 27 Oktober 2007.
- [UNI06] The Unicode Consortium. (2006). *The Unicode Standard Version 5.0*. Addison-Wesley Professional.
- [TIN94a] Tinggen, I Nengah. (1994). *Pedoman Perubahan Ejaan Bahasa Bali Dengan Huruf Latin dan Huruf Bali*. Rhika Dewata Singaraja.
- [TIN94b] Tinggen, I Nengah. (1994). *Celah-Celah Kunci Pasang Aksara Bali*. Rhika Dewata Singaraja.