

## B200

# DOKUMEN TEKNIS SPESIFIKASI PRODUK

## Pendahuluan

### 1.1 Ringkasan Isi Dokumen

Dokumen ini berisikan uraian mengenai spesifikasi sistem yang ditawarkan dan dijanjikan akan dipenuhi dari pengembangan produk *Semi-Automatic Medical Syringe Pump Development: Interface, Control, Alarm and Feedback*. Kajian mengenai spesifikasi menggunakan pendekatan solusi ideal dan solusi terapan yang telah dipetakan di dokumen B100. Dokumen ini digunakan sebagai acuan dalam proses perancangan produk *syringe pump* yang direncanakan.

### 1.2 Tujuan Penulisan, Aplikasi dan Fungsi Dokumen

Dokumen ini berlaku untuk pengembangan produk *syringe pump* untuk:

- 1) Penjelasan mengenai proses menurunkan spesifikasi dari solusi terapan yang dipetakan di dokumen B100.
- 2) Penjabaran spesifikasi yang dijanjikan dari produk *Automatic Medical Syringe Control and Alarm* yang dikerjakan.
- 3) Menjadi acuan untuk proses perancangan sistem keseluruhan dan penjabaran skenario pengujian yang akan dilakukan.
- 4) Pemenuhan komponen penilaian mata kuliah Metodologi Penelitian dan Skripsi di lingkup Program Studi Teknik Elektro.

## Spesifikasi Pengembangan Produk

### 2.1 Definisi, Fungsi, dan Spesifikasi

SP berfungsi memindahkan cairan medikasi ke dalam peredaran darah manusia dengan cara ditekan secara otomatis. Gaya menekan mengubah tekanan dalam suntik yang memindahkan cairan dari dalam suntik untuk keluar. Proses otomatis ini bisa dikerjakan oleh sebuah mekanisme *lead-screw* yang dapat mengubah gerak rotasi

menjadi gerak translasi. Gerak rotasi diambil dari pergerakan rpm motor yang terhubung dengan mikrokontroler. Mikrokontroler memberi sinyal kepada motor berupa PWM. Sebagai masukan, mikrokontroler disambungkan dengan *keypad* dimana diberi masukan oleh pengguna sesuai kebutuhannya. Keluaran fluida SP disambungkan dengan selang untuk dilanjutkan kepada pasien. SP yang dikembangkan bekerja dengan diam di tempat yang rata. SP mengadisi alat suntik biasa sehingga memungkinkan melakukan prosedur injeksi secara otomatis – yang menggantikan prosedur penyuntikan manual berulang-ulang.

SP yang dikembangkan dilengkapi dengan sensor-sensor yang berfungsi untuk membaca keadaan luar operasi, sensor berbasis *photodiode* untuk membedakan antara udara dan cairan dalam selang cairan. Apabila hasil bacaan sensor termasuk dalam kriteria darurat, sistem akan merespon menggunakan sebuah alarm berbentuk *buzzer* untuk memberikan peringatan baik kepada pengguna maupun kepada pasien yang sadar, bahwa ada permasalahan yang perlu ditindaklanjuti. SP yang dibuat juga dilengkapi dengan LCD yang berfungsi menampilkan hasil kalkulasi serta operasi yang sedang berjalan. Adanya hal ini dapat memudahkan pengguna untuk mengamati situasi. SP yang dikembangkan pada proposal ini dinamakan SPICAF.

SPICAF dapat digunakan oleh pengguna yang sudah terlatih dalam tugas atau prosedur kesehatan. SP umumnya digunakan ketika pasien sedang menjalani rawat inap atau ketika melakukan bedah-operasi. Pihak yang membutuhkan bisa langsung membeli jadi produk SP yang sudah dimanufaktur, sehingga tidak perlu di rakit dan siap dipakai (*plug & play*). SPICAF dirakit bersama dengan rak beroda untuk memudahkan perpindahan. SPICAF juga dilengkapi dengan *user guide* untuk memudahkan penggunaan. Kelebihan SPICAF adalah sudah dilengkapi dengan alarm dan LCD yang bisa menotifikasi kepada pengguna apabila ada kendala saat sedang menjalankan prosedur injeksi serta memanfaatkan sensor luar sebagai *feedback* ketika menjalankan operasi. Kendala-kendala yang diberitahukan bersangkutan dengan spesifikasi SPICAF yaitu permasalahan yang dianggap darurat dalam bidang kesehatan dan kelistrikan, contohnya *bubbling* dan *low battery*.

Dengan demikian SPICAF dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak yang membutuhkan alat kesehatan terkhususnya kebutuhan untuk memberikan medikasi yang bersifat cair dengan dosis tertentu kepada seorang pasien. Cairan medikasi yang diinjeksi sudah memiliki dosis dan kuantitas tertentu yang diasumsikan sudah dimengerti oleh pengguna. SPICAF kemudian akan menghitung berapa lama waktu yang diperlukan hingga prosedur injeksi selesai lewat LCD. Hal ini dapat mempermudah pengguna agar tidak berulang-ulang kali melakukan pengecekan apakah prosedur injeksi sudah selesai.

Pada penggunaannya, awalnya pengguna perlu menyambungkan SPICAF ke sumber daya AC sebesar 220 V 60 Hz sebagaimana standar listrik di Indonesia. Pengguna kemudian mengisi suntik dengan dosis cairan obat yang sudah diracik terlebih dahulu. Pengisian dapat dilakukan secara manual atau secara otomatis oleh SPICAF. Setelah terisi, mata suntik ditusuk kepada pasien yang akan diberikan medikasi. SPICAF kemudian dioperasikan dengan memberikan masukan lewat *keypad* untuk menentukan volume cairan dan debit alir yang dibutuhkan. Hasil perhitungan kemudian akan ditampilkan kepada pengguna lewat LCD seperti volume awal, volume yang sudah terinjeksi, hasil debit alir, dan berapa lama waktu penyuntikan akan selesai.

Untuk mencapai target prosedur injeksi yaitu berhasil menyalurkan cairan medikasi keluar dari suntik, dibutuhkan gerakan mekanis yang bisa mendorong suntik agar tekanan didalamnya membesar. Pada umumnya mekanisme tersebut menggunakan motor, dimana gerak rotasi diubah menjadi gerak translasi. Bedanya dengan SP lain, SPICAF dilengkapi dengan sensor luaran yang berfungsi sebagai *feedback*, dimana sensor membaca apabila cairan yang sedang keluar mengalami masalah atau tidak, terlebih perihal pengelembungan udara. Untuk pembacaan luaran dapat digunakan berbagai sensor yang akurat dan tinggi resolusi, solusi idealnya adalah menggunakan sensor ultrasonik atau sensor kapasitif untuk mendeteksi gelembung udara. Namun pada produk ini, akan digunakan sensor *photodiode* untuk membaca keluaran cairan medikasi dalam selang apakah terjadi pengelembungan atau tidak.

Dalam SPICAF, pengembang produk memilih untuk memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan lewat standar yang sudah ada yaitu bisa menyesuaikan berbagai variasi ukuran suntik yang sudah umum terjual di pasar, bisa mengatur laju keluar

cairan, serta utilitasnya dalam penggunaan, seperti sumber tegangan yang digunakan adalah AC dan bisa *backup* DC, implementasi terhadap perlengkapan lain yang sudah ada di rumah sakit, dan implementasi alarm. Selain itu, pengembang produk juga menentukan *budget* seminimal mungkin yang masih memenuhi kriteria spesifikasi.

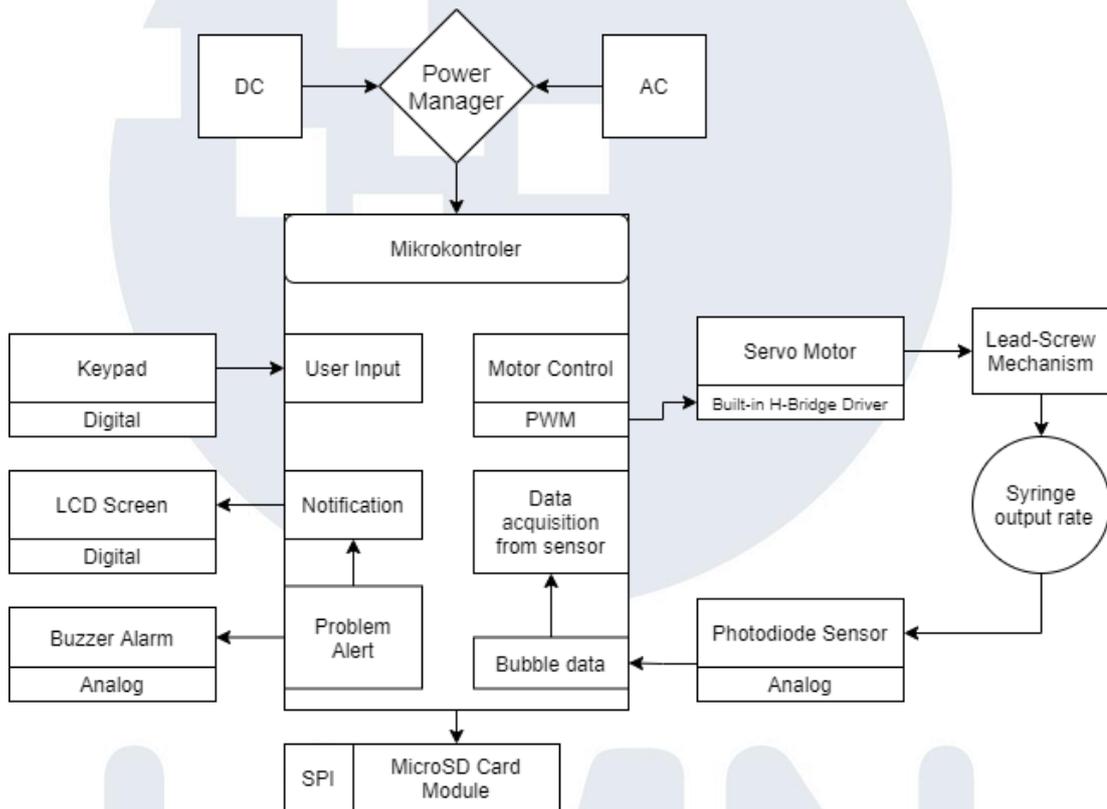
Maka dari itu, SPICAF dibuat dari rangka akrilik sebagai struktur utamanya. Rangka tersebut bisa dipasang dengan berbagai komponen utama operasi SP seperti alarm, mikrokontroler, motor, dan lainnya. Untuk bagian-bagian yang bergerak -seperti *calibrating clamp* untuk menahan suntik- akan dimanufaktur menggunakan teknologi 3D *printing* karena dibutuhkan struktur yang cukup kompleks. Karena banyaknya modul yang perlu terhubung dengan mikrokontroler, pengembang produk memilih menggunakan *Arduino MEGA* karena memiliki pin digital: 54 pin serta sanggup untuk memproses *firmware* yang telah diimplementasikan sesuai pemrograman. Untuk motornya akan digunakan *continuous servo motor* MG996R yang disatukan modulnya dengan *lead screw* untuk mengubah gerak rotasi menjadi gerak translasi. Untuk menampilkan hasil perhitungan kepada pengguna, akan digunakan modul LCD Screen yang bisa diimplementasikan bersama dengan *Arduino*.

Target kapabilitas utama SPICAF yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut:

- Target akurasi  $\pm 95\%$ .
- Menyimpan data masukan.
- *User Interface* dari LCD dan *keypad*.
- *Clamp* dapat menyesuaikan terhadap ukuran suntik.
- *Liquid extraction mode* untuk mengambil cairan dari luar suntik.
- *Injection mode* mampu memberikan alur cairan yang stabil dan *pulseless*.
- *Flowrate* 0,1 hingga 1200 mL/jam dengan adisi 0,1 hingga 1 mL/jam.
- Mampu beroperasi dengan tegangan AC 220V dan baterai DC sebagai *backup*.
- Mampu mengingatkan pengguna jika terjadi kendala penggelembungan lewat alarm dan notifikasi di LCD.

## 2.1 Desain Produk

SPICAF tersusun dari mikrokontroler yang terhubung ke berbagai modul *hardware*. Mikrokontroler berfungsi untuk berkomunikasi dengan modul serta memproses data yang diterima dari modul-modul yang terhubung. Berikut ini adalah diagram blok sistem SPICAF beserta modul-modulnya:

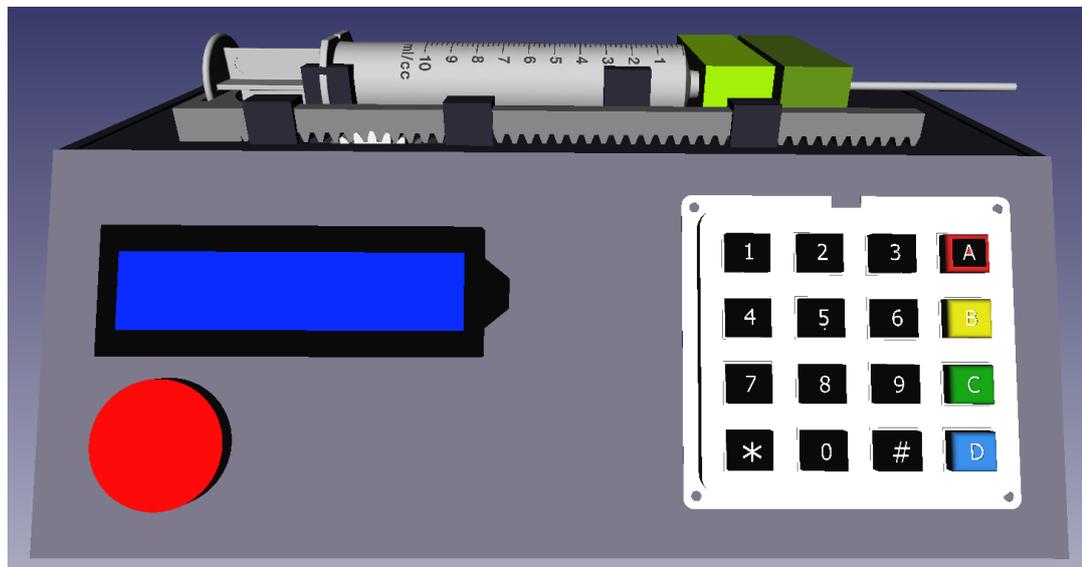


Gambar 2. 1 Diagram blok kerja sistem SPICAF secara keseluruhan.

*Keypad* berguna untuk memberi masukan pengguna ke dalam mikrokontroler, layar LCD untuk memperlihatkan notifikasi kepada pengguna, dan alarm untuk memberitahukan pengguna apabila ada kendala pada SPICAF yang sedang beroperasi. Mikrokontroler kemudian memberikan sinyal PWM kepada motor untuk menggerakkan *lead-screw* yang akan mendorong suntik. Keluaran cairan suntik dalam selang kemudian dipasang dengan sensor yang dapat membaca keluaran cairan, dalam hal ini sensor membaca penggelembungan yang tersimpan dalam data *bubble*. Hasil bacaan sensor akan dikirim ke mikrokontroler untuk

diproses lebih lanjut. Apabila hasil data sensor memenuhi kriteria darurat, maka mikrokontroler akan membunyikan alarm dan LCD akan menampilkan notifikasi.

Model dari SPICAF dapat dilihat pada gambar berikut. Modul *keypad* dan LCD berada diluar agar dapat diinteraksikan dengan pengguna. Untuk alarm, berada diluar pula untuk memastikan bunyi dapat terlihat dan terdengar baik oleh pengguna. Modul mikrokontroler dan servo berada di dalam rangka SPICAF. Sedangkan mekanisme *lead-screw* berada di antara, karena hubungan antara gigi *gear (transmission)* dengan motor berada di dalam, sedangkan gigi *screw-nya (rack)* berada di luar untuk memberikan kebebasan wilayah gerak (agar tidak dibatasi dimensi panjang SPICAF). *Clamp* dibuat berdasarkan mekanisme *spring* untuk menyesuaikan dengan ukuran suntik. *Clamp* dan *rack-pin* sudah disatukan dengan panel atas SPICAF yang berfungsi menahan suntik dan *rack*. Selain itu disertakan lubang yang memungkinkan untuk pemasangan kabel dan prngtian baterai seperti kabel data untuk meng-*upload firmware* Arduino dan kabel daya listrik AC. SPICAF ditempatkan di atas rak dengan dudukan yang dilengkapi penahan (*suction pod*) agar SPICAF diam. Rak dilengkapi dengan roda yang bisa masuk mode diam dan stop kontak.



Gambar 2. 2 Model Desain Produk SPICAF.

### 2.2.1 Interaksi Pengguna dan Sistem

Pengguna akan berinteraksi langsung dengan keypad, LCD, saklar, dan suntik. Berikut adalah penjelasan interaksi lebih lanjut:

1. Persiapan awal sistem

SPICAF diletakkan di tempat yang datar dan tidak dekat gangguan, kemudian disambungkan ke sumber listrik AC atau menggunakan baterai DC. Pengguna kemudian menyalakan produk dengan menekan saklar yang menghubungkan tegangan kepada mikrokontroler. Pengguna kemudian menyiapkan racikan medikasi dan dimasukkan ke dalam suntik baik secara manual atau otomatis oleh SPICAF.

2. Pengoperasian sistem

Pengguna kemudian memberi masukan laju alir yang diperlukan lewat *keypad*. Waktu selesai prosedur injeksi akan muncul di LCD.

3. *Problem Alert*

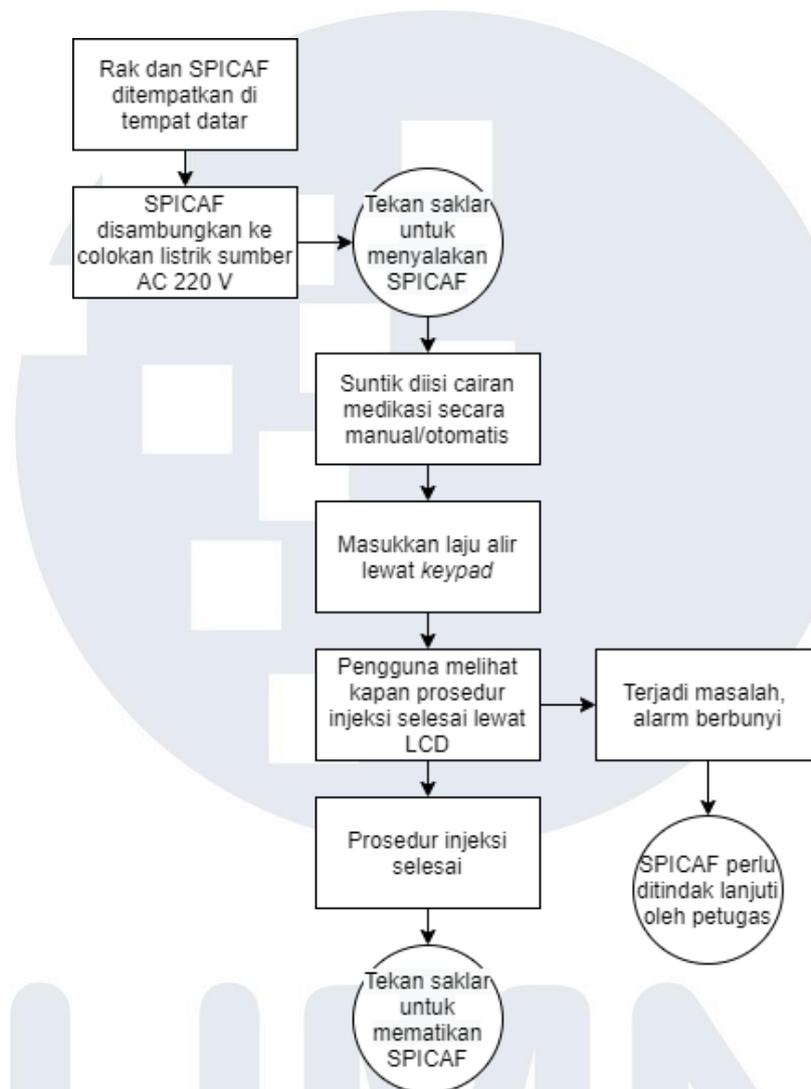
Apabila terjadi masalah ketika prosedur sedang berlangsung, alarm akan berbunyi untuk memberitahukan pengguna bahwa SPICAF memerlukan perhatian.

4. Selesai pemakaian

Jika sistem sudah selesai dipakai, pengguna cukup memutuskan daya dengan menekan kembali saklar di awal. Perlu dipastikan bahwa ketika mematikan sistem, tidak ada prosedur yang sedang berjalan.

U N I V E R S I T A S  
M U L T I M E D I A  
N U S A N T A R A

Alur kerja penggunaan sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Diagram alur penggunaan SPICAF.

### 2.2.2 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Kemampuan dan Fungsionalitas

Spesifikasi pengembangan sistem SPICAF memiliki parameter yang akan dicapai sebagai berikut:

#### 1. Akurasi

Akurasi yang dimaksud adalah perbandingan antara target berdasarkan masukan dengan hasil keluaran dari suntik. Faktor akurasi sangat dipengaruhi oleh ketelitian, akurasi, serta kalibrasi dari motor dan

modulnya. Apabila *error* keluaran sudah lebih dari 5% dari target masukan maka alarm akan berbunyi menotifikasikan pengguna. Keakuratan adalah faktor yang diperhatikan setelah diasumsi hasil keluaran sudah presisi.

## 2. Dimensi Produk

Secara keseluruhan, dimensi SPICAF memiliki panjang x lebar x tinggi 20 cm x 11 cm x 8 cm. Dimensi *tray* rak untuk meletakkan SPICAF adalah 40 cm x 20 cm. Dimensi rak beroda penuh adalah 45 cm x 45 cm x 200 cm.

## 3. Konsumsi Daya

Sistem terdiri dari komponen aktif berikut:

Mikrokontroler	: 5 V x 73,19 mA	= 0,36595 watt.
Continuous servo motor	: 6,6 V x 1200 mA	= 7,92 watt
Keypad 4x4	: 5 V x 30 mA	= 0,15 watt
LCD screen	: 5 V x 1 mA	= 0,005 watt
Buzzer-alarm	: 3 V x 14 mA	= 0,042 watt

Dengan asumsi sistem bekerja secara penuh. Konsumsi daya sistem secara keseluruhan diperkirakan 8,48295 watt. Jika SPICAF dipakai penuh satu jam maka daya yang dikonsumsi adalah 8,48295 Wh.

## 4. *Ease-of-Use*/Kemudahan Penggunaan

Pengguna dapat dengan mudah menggunakan SPICAF karena dilengkapi dengan *user guide* yang berisi instruksi penggunaan serta persiapan yang perlu dilakukan sebelum penggunaan. Harga produk juga sangat terjangkau sehingga tidak dibatasi pihak siapa yang membelinya. Produk juga dibuat menggunakan komponen-komponen yang sudah tersedia di pasar secara umum sehingga apabila terjadi kerusakan dapat dengan mudah diperbaiki oleh teknisi/admin.

SPICAF dapat dioperasikan jika sudah terhubung sumber listrik AC atau bisa menggunakan baterai DC yang tujuannya sebagai *backup* jika tidak tersedia sumber listrik AC (keadaan darurat). SPICAF juga dilengkapi dengan rak beroda untuk memudahkan pemindahan. SPICAF juga memiliki fitur *calibrating clamp* sehingga pengguna dapat menggunakan berbagai ukuran volume suntik yang dimiliki. Pengguna juga dimudahkan untuk mengamati prosedur lewat LCD yang disediakan, serta alarm jika terjadi masalah selama prosedur berjalan.

#### 5. Kekuatan/Kestabilan Sistem

Selama SPICAF beroperasi, perlu diperhatikan agar produk diam di tempat yang datar dan stabil. SPICAF beroperasi secara optimal selama alat dan lingkungannya dalam keadaan bersih, tidak lembab, dan jauh dari *hazard*.

Misalnya gigi *transmission* dan *rack* berdebu atau terdapat beda asing di wilayah kerja *rack* akan menimbulkan masalah bahkan mengagalkan sistem. SPICAF terbuat dari akrilik yang cukup mempertahankan kekokohan struktur. SPICAF juga dilengkapi *docking* di rak agar tidak mudah jatuh. Untuk komunikasi digital, dilakukan penyolderan permanen agar hubungan sistem dan modul tidak mudah terputus selama menjalankan subsistem.

#### 6. Kompatibilitas dengan Tambahan/Pergantian Subsistem

SPICAF adalah produk kembangan dari SP yang sudah umum di pasaran Indonesia. Dalam pengembangannya, SPICAF kompatibel dengan berbagai modul lain seperti bagian yang bisa menyesuaikan berbagai ukuran volume suntik. Modul seperti *keypad* dan LCD bisa digantikan, selama masih dalam jangkauan *environment* Arduino IDE. Sedangkan untuk subsistem motor dan *lead screw* tidak memungkinkan karena dapat mengubah struktur SPICAF. Jika ingin ditambahkan dengan subsistem lain yang mungkin bisa melengkapi fungsionalitasnya, masih

bisa selama modul berada di *environment* Arduino dan mikrokontroler yang digunakan masih bisa menampung komunikasi tambahan lewat pin-pinya. SPICAF juga memungkinkan menggunakan lebih dari satu mikrokontroler, dengan konsep *Master-Slave*, mikrokontroler bisa berkomunikasi dengan mikrokontroler lain lewat komunikasi paralel *quad-SPI*. Dengan tambahan mikrokontroler, SPICAF bisa ditambahkan subsistem lain yang bisa melengkapi fungsionalitasnya.

Dari pihak pengguna, perlu diperhatikan bahwa selang yang digunakan harus menyesuaikan dengan mata suntik dan jarum suntik yang dimiliki, serta kompatibel dengan pembacaan modul sensor. Jika selang tidak kompatibel, subsistem akuisisi data sensor tidak dapat berfungsi.

Kemudian spesifikasi produk dianalisis berdasarkan fungsionalitas sistem, menggunakan diagram blok atau *Data Flow Diagram* dengan level 0 untuk sistem keseluruhan hingga ke level 1 atau 2 untuk masing-masing subsistem.

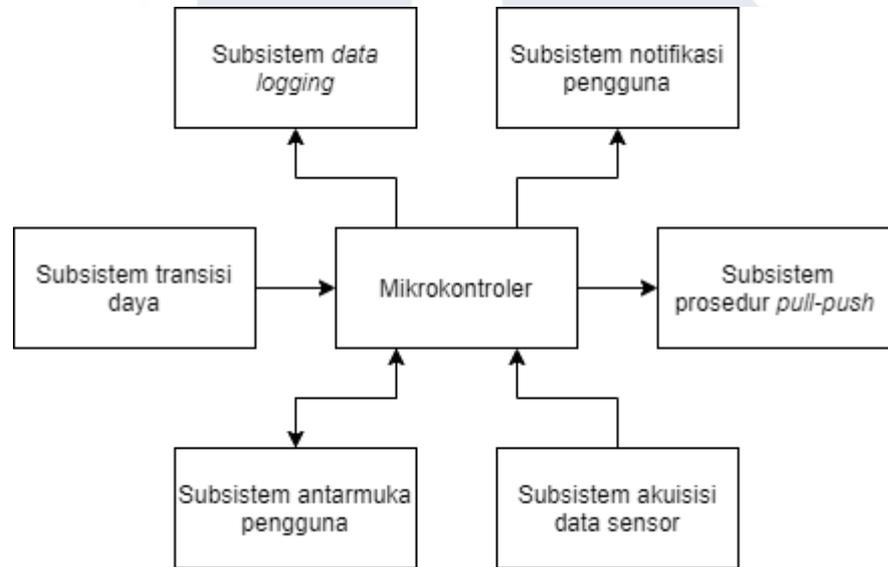


Gambar 2. 4 DFD Level 0 SPICAF.

Tabel 2. 1 Penjelasan DFD Level 0 Sistem SPICAF.

Parameter	Keterangan
<b>Input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konfigurasi sistem dari pengguna</li> </ul>
<b>Output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Status sistem, hasil prosedur dari SPICAF</li> <li>• Notifikasi dari setiap aksi SPICAF</li> <li>• Notifikasi masalah selama prosedur</li> <li>• Injeksi cairan medikasi kepada pasien</li> </ul>
<b>Fungsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menampilkan hasil prosedur saat melakukan konfigurasi</li> <li>• Melakukan akuisisi masukan pengguna</li> <li>• Melakukan prosedur injeksi cairan medikasi</li> <li>• Menyimpan hasil prosedur ke media penyimpanan (<i>data logging</i>)</li> </ul>

Untuk DFD Level 1, fokus pada 1 bagian dari sistem keseluruhan, dalam hal ini adalah bagian mikrokontroler. DFD Level 1 adalah representasi lebih detail dari DFD Level 0, maka dari itu bagian eksternal sistem biasanya tidak ditampilkan.

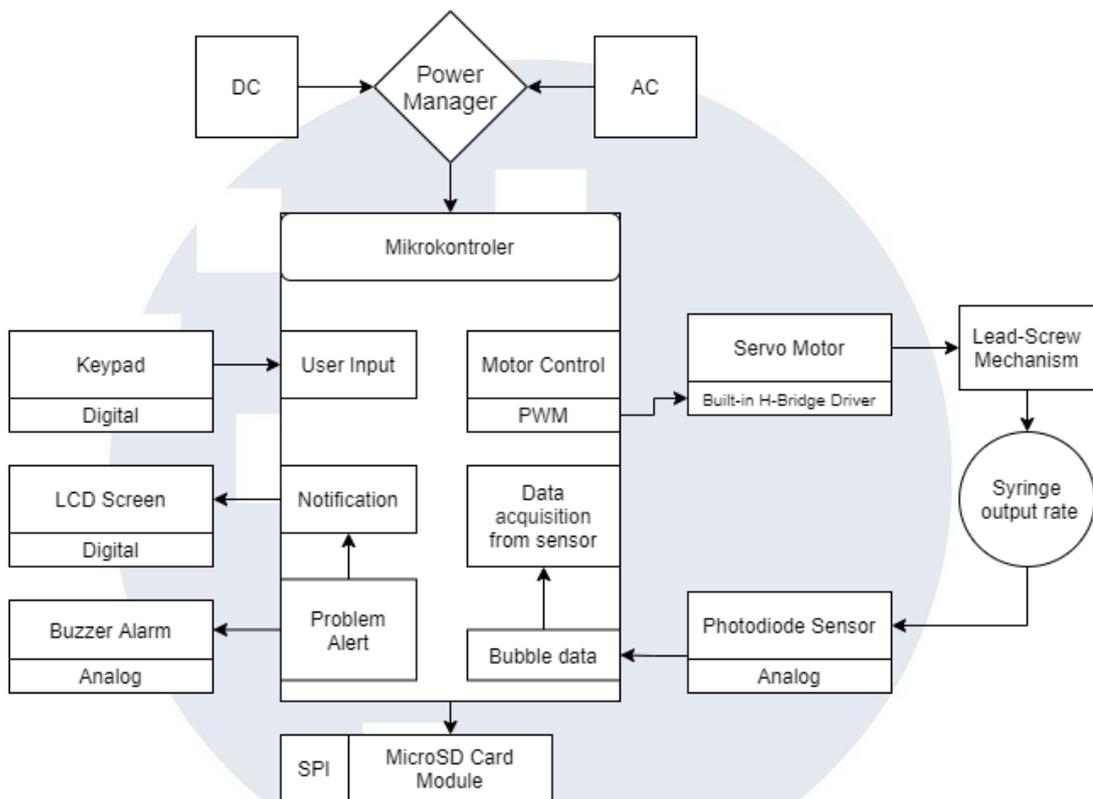


Gambar 2. 5 DFD Level 1 Sistem SPICAF.

Tabel 2. 2 Penjelasan DFD Level 1 Sistem SPICAF.

Parameter	Keterangan
<b>Input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akuisisi data dari antarmuka pengguna</li> <li>• Akuisisi data dari sensor luaran</li> <li>• Daya AC atau DC yang tersedia</li> </ul>
<b>Output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notifikasi kepada pengguna</li> <li>• Melaksanakan prosedur injeksi</li> <li>• Menyimpan data masukan dari pengguna</li> <li>• Pengalihan penggunaan daya berdasarkan daya yang tersedia</li> </ul>
<b>Fungsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberikan peringatan kepada pengguna bahwa SPICAF terjadi masalah yang memenuhi kriteria</li> <li>• Melakukan prosedur injeksi cairan medikasi</li> </ul>

DFD Level 2 menjelaskan masing-masing subsistem yang ada di DFD Level 1.



Gambar 2. 6 DFD Level 2 Subsistem dalam SPICAF.

Tabel 2. 3 Penjelasan DFD Level 2 Subsistem dalam SPICAF.

Parameter	Keterangan
<b>Input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akusisi data dari <i>keypad</i></li> <li>• Akusisi data dari sensor <i>hall</i> dan <i>photodiode</i></li> <li>• Daya AC atau DC yang tersedia</li> </ul>
<b>Output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transisi daya AC ke DC atau sebaliknya.</li> <li>• Menampilkan notifikasi lewat LCD</li> <li>• Membunyikan alarm untuk meng-<i>alert</i> pengguna</li> <li>• Menggerakkan <i>servo motor</i> yang menggerakkan mekanisme untuk mendorong suntik</li> <li>• Meyimpan data masukan dari pengguna dalam Micro-SD</li> </ul>
<b>Fungsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberitahukan pengguna terjadinya masalah lewat LCD untuk dilihat dan alarm untuk didengar.</li> <li>• Meyimpan data masukan agar bisa ditelaah untuk proses selanjutnya oleh pengguna.</li> <li>• Menjaga SPICAF tetap beroperasi ketika daya AC tidak tersedia.</li> <li>• Menerima masukan dari luar sistem proses menggunakan sensor agar perputaran servo bisa diperbaiki.</li> </ul>

### 2.2.3 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Standarisasi

Produk SPICAF akan mengikuti standar alat kesehatan *infusion device* yang dikeluarkan oleh WHO serta standar nasional di Indonesia sebagai berikut:

1. Chapter\_5\_20167\_WHO\_Priority\_medical\_devices\_list\_for\_COVID\_19\_response\_5 Technical specifications for infusion devices, mengenai standar spesifikasi teknis *infusion device*.
2. SNI 04-1685-1989, mengenai standar produk terhadap suhu ruang, tekanan udara, kelembaban dan getaran.
3. EN 50144-1, standar mengenai keselamatan peralatan elektrik yang menggunakan motor elektrik.

### 2.2.4 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Keandalan dan Perawatan

*Breakdown* SPICAF bergantung berapa lama jam terbangnya. Pada umumnya SP digunakan ketika pasien menjalankan rawat inap. Jam operasional penuh bisa mencapai sehari untuk satu pasien. Asumsikan penggunaan 1 tahun atau 8760 jam, SPICAF mengalami *breakdown* sekali (berdasarkan pengamatan, *shelf life* servo 1 tahun dalam kondisi terburuk, yang merupakan jangka waktu terendah dibanding komponen lain), maka *mean time before failure* (MTBF) SPICAF adalah 8760 jam. Sedangkan untuk *mean time to repair* (MTTR) adalah 1 hari, dikarenakan *spare part* sudah banyak tersedia di pasar dan struktur SPICAF cukup mudah untuk direparasi. Reparasi dapat dilakukan oleh teknisi/admin yang mengetahui struktur dan cara kerja SPICAF.

SPICAF sebaiknya disimpan ditempat yang kering, tidak lembab ekstrim, dan tidak langsung terkena sinar matahari (*non-hazard storage*), **Penyimpanan juga sebaiknya jauh dari sumber magnetis, misalnya MRI karena dapat menyebabkan subsistem *storage* terhapus.**

### 2.2.5 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Hambatan

*Constraint* yang menjadi hambatan spesifikasi sistem adalah:

- Bobot sistem maksimum adalah 10 kg.
- Biaya material sistem tidak lebih dari 2.000.000 rupiah.
- Dimensi sistem maksimum adalah 1600 cm<sup>3</sup>, tidak termasuk rak.
- Untuk sekali prosedur injeksi, hanya bisa menjalankan satu buah suntik.
- Sensor yang digunakan terbatas dengan sensor *flowrate* dan sensor *photodiode*.
- Cairan obat yang dimasukkan ke dalam suntik adalah cairan dengan viskositas yang rendah.
- Operating voltage 220 V 60 Hz AC, 5-12 V DC.
- Dimensi diameter selang bisa menyesuaikan dengan mata suntik dan jarum suntik.

## 2.2 Verifikasi Spesifikasi Produk

SPICAF terdiri dari beberapa subsistem utama yaitu:

- Transisi AC ke DC
- Prosedur injeksi
- Akuisisi data dari sensor dan *keypad*
- *Problem notification* lewat *buzzer and LCD*

Setiap subsistem akan diuji sesuai target parameternya. Berikut adalah penjelasan prosedur pengujian, pelaksanaan pengujian, serta analisis toleransinya.

### 2.3.1 Prosedur Pengujian

- Transisi AC ke DC

Subsistem ini berfungsi mentransisi operasional SPICAF yang sedang berjalan dari arus AC ke arus DC baterai. Subsistem akan diuji dengan awalnya menjalankan SPICAF dari arus AC kemudian mencabutnya sehingga memaksa

subsistem menjalankan arus DC dari baterai ke sistem. Jika tegangan yang dimasukkan dari DC stabil serta memberikan tegangan yang sesuai jangkauan mikrokontroler, maka prosedur ini dianggap berhasil dijalankan.

- **Prosedur injeksi**

Subsistem ini berisi prosedur memberikan PWM dari mikrokontroler untuk disignalkan ke servo motor. Gerak rotasi servo motor menggerakkan *gear*. Gerak *gear* ditransmisikan ke *rack* yang terhubung ke bagian menekan suntik. Untuk menguji modul motor, mikrokontroler akan memberikan PWM kepada motor, dimana PWM didapat berdasarkan masukan pengguna lewat keypad. Jika servo motor berhasil menggerakkan suntik dan berhasil melakukan penekanan sesuai target waktu maka subsistem ini dianggap berhasil dijalankan.

- **Akuisisi data dari sensor dan keypad**

Subsistem ini berisi sensor yang memberikan *feedback* ke mikrokontroler. Semua sensor akan dihubungkan ke selang transparan dari suntik. Sensor *flowrate* akan membaca keluaran cairan suntik, parameter yang dibalikkan merupakan data laju alir. Sensor *photodiode* membaca cairan yang keluar dan membedakannya dengan udara di dalam selang. Hasil bacaan sensor *photodiode* akan diproses mikrokontroler lebih lanjut. Sedangkan *keypad* akan diuji dengan mencoba memberikan masukan, dimana masukan akan terbaca oleh mikrokontroler. Jika hasil bacaan sensor-sensor dan keypad tadi terbaca dengan baik dan tepat dalam program maka subsistem ini berhasil dijalankan.

- **Problem notification lewat buzzer and LCD**

Subsistem ini bekerja untuk memberikan notifikasi kepada pengguna. Modul LCD akan disambung dengan mikrokontroler. Untuk pengujiannya LCD perlu menampilkan notifikasi-notifikasi serta pemberitahuan terhadap masalah berdasarkan hasil akuisisi data sensor yang memenuhi kriteria masalah. Apabila

notifikasi berhasil ditunjukkan oleh LCD serta sesuai dengan yang diprogram, modul LCD dianggap berhasil dijalankan.

Sedangkan untuk modul alarm, sama dengan LCD parameter akusisi datanya. Parameter tambahan yang diukur dari alarm adalah akustik alarm. Jika alarm berhasil berbunyi dan akustik alarm **harus** melebihi 45 dB (berdasarkan standar spesifikasi), maka modul alarm berhasil dijalankan.

### **2.3.2 Analisis Toleransi**

SPICAF dalam keadaan optimal memiliki range toleransi *error* 5% hingga alarm berbunyi. Jika SPICAF sedang beroperasi ketika sedang dipindahkan, dimana akan memasukkan *noise* ke dalam sistem, target toleransi akurasi *error* menjadi 10% dari target optimal. Alarm akan menaikkan jangkauan *error* agar alarm tidak berbunyi saat dipindahkan.

### **2.3.3 Pelaksanaan Pengujian**

Skenario pengujian SPICAF akan dilaksanakan di dalam ruangan dengan kondisi diletakkan pada rak beroda namun tidak bergerak. Ruangan dalam kondisi tidak langsung kena sinar matahari dan tidak basah. SPICAF juga dalam keadaan sedang menerima sumber listrik AC. Kondisi ini dilakukan untuk menguji SPICAF dioperasikan ketika diam, menggunakan sumber listrik AC, dan dalam keadaan optimal.

## **2.3 Biaya dan Jadwal**

Bagian ini akan secara khusus membahas mengenai biaya dan jadwal pengerjaan produk. Dari rencana awal yang sudah ditetapkan di dokumen B100, biaya dan jadwal di B200 diharapkan sudah lebih spesifik terutama ke biaya dasar pengembangan produk.

### 2.4.1 Kebutuhan Biaya

Kebutuhan biaya yang dimasukkan ke B200 adalah biaya dasar pengembangan produk seperti harga bahan mentah, harga komponen, biaya pengujian dan lainnya.

Tabel 2. 4 Analisis Kebutuhan Biaya.

Alat dan Bahan	Jumlah	Satuan	Harga satuan	Total harga
18650 Battery Housing Series	1	buah	Rp 18.000,00	Rp 18.000,00
4x4 Matrix Keypad Membrane	1	buah	Rp 7.500,00	Rp 7.500,00
AC to DC Voltage Adapter	1	buah	Rp 25.000,00	Rp 25.000,00
Active Piezo Buzzer	1	buah	Rp 8.500,00	Rp 8.500,00
Akrilik A4	5	buah	Rp 10.000,00	Rp 50.000,00
Arduino Data Cable	1	buah	Rp 8.000,00	Rp 8.000,00
Baterai 18650 3000mAh	4	buah	Rp 10.000,00	Rp 40.000,00
Filamen PLA untuk 3D Printing	1	roll	Rp 62.000,00	Rp 62.000,00
Jumpers 10 cm MF	1	ikat	Rp 11.000,00	Rp 11.000,00
LCD 16x2 with I2C Serial Adapter	1	buah	Rp 27.000,00	Rp 27.000,00
LDR Light Sensor Module Arduino	1	buah	Rp 8.000,00	Rp 8.000,00
LED White/Red	2	buah	Rp 250,00	Rp 500,00
Lem Akrilik	1	buah	Rp 19.000,00	Rp 19.000,00
LM2596 Buck Converter with Display	1	buah	Rp 36.000,00	Rp 36.000,00
MicroSD Card Module	1	buah	Rp 13.500,00	Rp 13.500,00
Mikrokontroler Arduino Mega 2560 R3	1	buah	Rp 125.000,00	Rp 125.000,00
PCB Manufacturing + Service	1	buah	Rp 20.000,00	Rp 20.000,00
Power Transition Module (AC to Battery)	1	buah	Rp 52.000,00	Rp 52.000,00
Protoboard 803 Tie Point	1	buah	Rp 16.500,00	Rp 16.500,00
Rak plastik	1	buah	Rp 115.000,00	Rp 115.000,00
Servo Tower Pro MG996R	1	buah	Rp 47.000,00	Rp 47.000,00
Stop kontak	1	buah	Rp 25.000,00	Rp 25.000,00
Syringe various size (5cc, 10cc, 20cc, 50cc)	4	buah	Rp 3.000,00	Rp 12.000,00
Total keseluruhan				Rp 746.500

### 2.4.2 Jadwal dan Waktu Pengembangan

Proyek modul-modul SPICAF ini dirancang untuk rentang satu tahun, dimulai pada Oktober 2021– Agustus 2022. Digambarkan menggunakan bentuk *Gantt Chart* dan Tabel *Milestones & Deliverables*.

Tabel 2. 5 *Gantt Chart* Jadwal Pengembangan Produk.

No.	Deskripsi	Waktu																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Studi Pustaka	█																		
2	Perumusan Masalah		█																	
3	Analisis Strategis			█																

4	Dokumen Proposal			
5	Analisis Standar			
6	Analisis Spek			
7	Dokumen Spesifikasi			
8	Analisis Desain			
9	3D Mockup			
10	Dokumen Perancangan			

Tabel 2. 6 *Milestones & Deliverables* Pengembangan Produk.

Fase	Deliverables	Jadwal	Kebutuhan Sumberdaya
Konsep Produk	B100 Proposal	Oktober 2021	Literatur
Analisis	B200 Spesifikasi Fungsional	November 2021	- Spek standar - Engineer
Desain	B300 Skematik dan Rancangan Sistem Keseluruhan	- LCD module: Desember 2021 - Keypad module: Desember 2021 - Alarm and motor: Januari 2022 - Sensor : Feburari 2022	- Dev Tools - Penguasaan Teknologi Pendukung - Literatur - Engineer
Implementasi	B400 Implementasi Prototype	- LCD module: Februari 2022 - Keypad module: Februari 2022 - Alarm and motor: Maret 2022 - Akusisi data sensor: Maret 2022	- Dev Tools - Outsource PCB - Engineer
Uji Subsystem	- Error report - Field prototype	- Alarm and motor: April 2022 - Akusisi data sensor: April 2022	- Chamber - Test Equipment - Field Trial Facility - Test Engineer
Integrasi Sistem	Lab prototype	Mei 2022	- Dev Tools - Engineer
Uji Sistem	Field Prototype	Juni 2022	- Chamber - Test Equipment - Field Trial Facility - Test Engineer
Analisis, Kesimpulan Dokumentasi	B500	Agustus 2022	- ATK