Bab 4
Pengumpulan dan Pengolahan Data

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Data Umum Perusahaan

4.1.1.1 Sejarah dan Perkembangan PT. Sanbe Farma

PT. Sanbe Farma secara resmi didirikan pada tanggal 28 Juni 1974 oleh Drs. Jahja Santoso, Apt., seorang farmasis yang lulus dengan predikat cum laude dari ITB. Pada tahun 1975 pabrik pertama di Jl. Kejaksaan no.35 Bandung mulai melakukan produksi sebagai industri rumah tangga (*home industry*) dengan jumlah karyawan hanya 4 orang termasuk Bapak Jahja Santoso. Produk pertama yang diproduksi adalah Kapsul Colsancetine®.

Pada tahun 1980, PT. Sanbe Farma berpindah lokasi ke Jl. Industri 1 no.9 Cimahi dengan luas bangunan 8000 m2 dan luas lahan 10.000 m2. Hal ini disebakan karena adanya larangan Pemda tentang lokasi industri di pusat kota dan di tengah pemukiman penduduk. Bangunan ini dikenal dengan PT. Sanbe Farma Unit I dan mulai memproduksi produk non penisilin, non sefalosporin, hormon, dan obat hewan (veterinary) pada tahun 1982.

PT. Sanbe Farma mulai berkembang dengan memproduksi produk OTC (*Over The Counter*) pada tahun 1992. Salah satu produk OTC yang memenangkan grand price "The Most Popular Brand " di Indonesia tahun 1997 dan 1999 adalah Sanaflu®, non- drowsy cold and flu. Selain itu, pada tahun 2000 PT. Sanbe Farma memproduksi Poldan Mig®, obat migrain non resep pertama di Indonesia. Divisi veterinary telah memasarkan sekitar 64 produk kesehatan hewan unggas dan peternakan termasuk vaksin pada tahun 1985. Pada tahun 2005 veterinary mulai memproduksi beberapa obat hewan untuk ikan dan udang (*aquaculture*). Divisi ini telah memperoleh sertifikat *GMP* (*Good Manufacturing Practices)* untuk 7 jenis produk. Aktivitas di unit I terus berkembang sampai saat ini.

Pada tahun 1996 bangunan PT. Sanbe Farma unit II didirikan untuk memenuhi tuntutan produksi yang semakin besar dan sesuai dengan CPOB, dimana bangunan untuk produk penisilin dan sefalosporin harus diproduksi di bangunan terpisah. Luas bangunan unit II adalah 5.600 m^2 (5 lantai) dan luas lahan 4.900 m^2. Unit II memproduksi khusus produk beta laktam dan sefalosporin dengan berbagai macam bentuk sediaan. *San-Qlin-Eq* juga terdapat di unit II, sebagai laboratorium studi bioavabilitas dan bioekivalensi untuk pengujian klinik dan preklinik produk-produk PT. Sanbe Farma dan juga menerima order dari perusahan lain.

Gedung obat jadi (*Finished Good Warehouse*) dengan luas bangunan 6.160 m^2 (3 lantai) dan luas lahan 5.980 m^2 dibangun pada tahun 2003. Gedung Obat Jadi (GOJ) adalah tempat menyimpan obat jadi hasil pengemasan dari unit I, II, dan III. GOJ dilengkapi dengan *cool storage* untuk penyimpanan vaksin dan lemari khusus untuk penyimpanan obat psikotropika. Bangunan unit III dan Caprifarmindo Laboratories mulai difungsikan pada tahun 2005 dengan luas bangunan 29.000m^2 dan luas lahan ±200.000 m^2. Pembangunan unit III mengacu pada CPOB Australia, yang menjadikannya industri farmasi pertama yang dikendalikan oleh *SCADA* (*Supervisory Computer Automatization Data Acquisition*). Di unit III juga terdapat *WWTP* (*Water Waste Treatment Plant*) juga untuk pengolahan limbah dari unit I dan II.

4.1.1.2 Lokasi dan Sarana Produksi

PT. Sanbe Farma mempunyai beberapa tempat untuk melakukan aktivitas produksi yaitu:

a. PT. Sanbe Farma unit I di Jl. Industri 1 no.9 Cimahi memproduksi produk non beta laktam, non sefalosporin dan obat hewan (*veterinary*).
b. PT. Sanbe Farma unit II di Jl. Leuwigajah no.162 Cimahi memproduksi produk betalaktam (lantai 2) dan sefalosporin (lantai 4).
c. PT. Sanbe Farma unit III Jl. Industri Cimareme no.8 Padalarang memproduksi *SVP* (*Small Volume Parenteral* = injeksi volume kecil), *LVP* (*Large Volume*

Parenteral = injeksi volume besar), tetes mata, sediaan steril semisolid, sediaan serbuk injeksi steril.

Fasilitas PT. Sanbe Farma antara lain :

1. WWTP dengan kapasitas 250 m^3/hari, pengolahan limbah industri farmasi terbesar di Indonesia.
2. Mesin dan peralatan utama
   a. Produksi
      - Mesin cetak tablet : Manesty dengan berbagai macam tipe.
      - Coating : Accelacota dan Nicomac, kapasitas masing-masing 200 kg
      - Alat striping : Siebler, 8 jalur
      - Pengisi cairan : MAR, dengan kecepatan 200bpm
      - Pengisi cairan steril : Plumat untuk *soft bag*, dengan kecepatan 2000 bph (kemasan *soft bag* pertama di Indonesia). IMA untuk tetes mata, dengan kecepatan 120 bpm.
      - Pengering : FBD Glatt & Huttlin
      - Mixer : Collette Grall, *mixing tank* 6000 liter
      - Alat sterilisasi : Autoklaf (Fedegari & ICOS) dan Hot air (Lytzen).
   b. Laboratorium Pengawasan Mutu (QC) dilengkapi dengan peralatan sebagai berikut: AAS**,** HPLC**,** Kromatografi Gas, FTIR, TOC Analyzer, Endotoximeter, *Particle Counter Liquid*, dan *Biological Safety Cabinet*.
3. Sarana Penunjang (*Utility*)
   a. *Purified Generator* : sistem Reverse Osmosis (RO) plus EDI.
   b. Air untuk injeksi : Finn Aqua 6 tingkatan (pertama di Indonesia).
   c. Penyimpanan alkohol : tangki dengan kapasitas 20.000 liter.

Gudang bahan baku (GBB) berada di masing-masing unit, gudang bahan pengemas berada di Jl. Leuwigajah no.174 Cimahi, dan Gudang obat jadi (GOJ) di Jl. Leuwigajah no.184 Cimahi. Jadi, Total luas bangunan PT. Sanbe Farma (unit I,II, dan III, GBB, GOJ, dan Caprifarmindo) 52.360 m^2 dan luas lahan ± 241.880 m^2.

Perusahaan yang tergabung dalam Sanbe *Group* adalah:

a. PT. Sanbe Farma : *Pharmaceutical Manufacture* (Cimahi dan Cimareme).
b. PT. Caprifarmindo Laboratories *Pharmaceutical Manufacture* (Cimareme).
c. PT. Bina San Prima : Pedagang Besar Farmasi (*Sale Agent*) di Jl. Taman Sari no.10 Bandung.
d. San-Qlin-Eq : laboratorium studi bioavailabilitas dan bioekivalensi (unit II, Cimahi).
e. Santosa Bandung International Hospital : Rumah sakit Internasional (Bandung).
f. Holiday Inn : Hotel International (Bandung).

4.1.1.3 Produksi

Produksi merupakan tahap penting dalam suatu pembuatan obat dan perlu diperhatikan dengan baik dan dilaksanakan dengan mengikuti prosedur yang telah ditetapkan sehingga dapat menjamin produk yang menghasilkan obat jadi yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

4.1.1.3.1 Bahan Awal

PT. Sanbe mulai dari pemasukan, pengeluaran dan sisa bahan dicatat dalam suatu catatan harian (*log book*) yang meliputi keterangan mengenai persediaan, nomor *batch* atau lot, tanggal penerimaan atau pengeluaran, tanggal diluluskan dan tanggal daluwarsa dari suatu bahan awal. Setiap bahan awal sebelum dinyatakan lulus untuk digunakan, dikarantina terlebih dahulu untuk diperiksa oleh bagian pengawasan mutu (*Quality Control*) agar memenuhi spesifikasi bahan awal yang sudah ditetapkan. Bahan awal yang tidak diluluskan diberi label “DITOLAK”, diletakkan di tempat terpisah, untuk kemudian dikembalikan kepada pemasok atau dimusnahkan.

Setiap penerimaan bahan awal dilakukan pemeriksaan meliputi pemeriksaan terhadap kebenaran semua data yang ditulis pada label “KARANTINA” dari setiap wadah bahan baku yang diambil contohnya dan pemeriksaan visual yaitu wadah rusak atau bocor, tutup wadah yang segelnya rusak atau bekas dibuka, wadah yang

diragukan keasliannya, label pabrik pembuat tidak tercantum atau tidak jelas, serta tercium bau asing, basah atau keadaan fisik lain yang berbeda dari biasanya.

Penyimpanan dilakukan dalam ruangan yang telah diatur suhunya, tergantung dari kestabilan bahan. Persediaan bahan awal diperiksa dalam selang waktu tertentu untuk meyakinkan bahwa wadahnya bertanda benar dan dalam kondisi yang baik. Pengambilan contoh ulang dilakukan sebagaiman spesifikasi bahan baku yang telah ditetapkan dan dipasang label "PENGUJIAN ULANG". Penyerahan bahan awal dilakukan diruangan terpisah untuk mencegah terjadinya kontaminasi silang. Ruangan tersebut dilengkapi dengan vakum yang digunakan untuk membersihkan debu dan alat timbang yang telah dikalibrasi secara teratur.

4.1.1.3.2 Validasi Proses

PT. Sanbe Farma menvalidasi semua proses produksi terutama tahap-tahap yang kritis yang dilakukan oleh tim validasi dan dilaksanakan sesuai prosedur yang telah ditetapkan serta didokumenatsikan dengan baik. Validasi yang dilakukan antara lain : validasi instalasi, validasi operasional, dan validasi kinerja alat.

Sebelum suatu prosedur pengolahan induk diterapkan dilakukan verifikasi terhadap setiap prosedur pelaksanaan untuk membuktikan bahwa prosedur bersangkutan cocok untuk pelaksanaan produksi rutin dan proses yang telah ditentukan akan senantiasa menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Perubahan yang berarti pada proses, peralatan dan bahan maka dilakukan validasi ulang, untuk menjamin bahwa perubahan tersebut akan tepat menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

4.1.1.3.3 Pencegahan Pencemaran

Pencemaran kimiawi atau mikroba terhadap suatu obat mempengaruhi kualitas suatu produk tidak dapat diterima. Perhatian khusus diberikan pada masalah pencemaran silang karena tidak sesuai dengan CPOB. Cemaran dicegah dengan cara pembersihan setiap selesai melakukan proses produksi, sterilisasi alat untuk

bagian produk steril, udara yang masuk ke ruang produksi difiltrasi, pengukuran jumlah mikroba dilakukan secara rutin, dan sebagainya. Untuk mencegah kontaminasi silang karena penggunaan peralatan, maka setiap ruangan hanya terdapat satu alat untuk melakukan satu tahap produksi.

4.1.1.3.4 Sistem Penomoran *Batch* dan Lot

Sistem penomoran *batch* dan lot di PT. Sanbe Farma secara rinci diperlukan untuk memastikan bahwa produk antara, produk ruahan, atau produk jadi dapat dikenali dengan nomor *batch* atau lot. PPIC bertugas mengeluarkan nomor TP (Turun Produksi) sebelum tahap produksi dilakukan. Kemudian bagian administrasi produksi, mencap dokumentasi yang menunjukkan bulan, tahun, dan batas kadaluwarsa. Bagian administrasi produksi juga mencatat setiap nomor *batch* didalam buku khusus.

PT. Sanbe Farma telah menerapkan metode khusus supaya nomor *batch* yang sama tidak digunakan secara berulang. Sistem penomoran *batch* ini digunakan pada setiap tahap pengolahan dan pengemasan.

4.1.1.3.5. Penimbangan dan Penyerahan

Penimbangan. penghitungan dan penyerahan bahan baku, bahan pengemas, produk antara dan produk ruahan merupakan suatu bagian dari alur produksi dan didokumentasikan secara lengkap, yaitu ditulis dalam catatan pengolahan *batch* disertai paraf petugas dan pengawas yang melaksanakan kegiatan tersebut. Catatan pengelolaam *batch* juga dilengkapi dengan keterangan rekonsiliasi dari tahapan proses.

Prosedur penanganan, penimbangan, perhitungan, dan penyerahan bahan baku, bahan pengemas, produk antara dan produk jadi dilakukan sesuai dengan prosedur tertulis. Bahan baku, bahan pengemas, produk antara dan produk jadi yang diserahkan harus telah diluluskan oleh bagian pengawasan mutu. Untuk menghindari *mix up*, kontaminasi silang serta kehilangan identitas, maka didaerah

penyerahan hanya boleh dilakukan untuk satu *batch* saja. Setelah selesai penimbangan, penyerahan dan penandaan bahan baku, produk antara dan produk ruahan langsung diangkut dan disimpan secara tepat, dan dilakukan penandaan dengan penempelan label yang berisi keterangan bahan, nama produk beserta nomor *batch*-nya, yang ditempelkan dibagian luar tong dan dikemasan.
Sebelum dilakukan penimbangan, pengawas produksi melaksanakan pemeriksaan ulang terhadap kebenaran penandaan bahan baku, termasuk label kelulusan dari bagian pengawasan mutu. Pemisahan fisik tidak dilakukan dengan sekat, tetapi dengan tong yang diberi identitas untuk *batch* dan diletakkan dalam tong yang berbeda.

Pemeriksaan kebenaran identitas dan jumlah bahan yang ditimbang diperiksa oleh 2 orang yang berbeda. Alat timbang dan alat ukur senantiasa diukur kapasitas, ketepatan, dan ketelitian sebelum digunakan dengan melakukan verifikasi harian sesuai dengan instruksi pada prosedur tertulis. Tempat penimbangan dan penyerahan harus dibersihkan setelah selesai dilakukan kegiatan dengan metode sesuai prosedur yang tertulis. Wadah dan peralatan yang digunakan untuk menimbang harus diperiksa terlebih dahulu kebersihannya oleh pengawas. Peralatan dan wadah yang sudah dibersihkan diberi label "BERSIH". Bahan baku, produk antara dan produk ruahan yang diserahkan oleh bagian GBB, diperiksa lagi oleh supervisor produksi, terutama hasil penimbangan dan penandaannya.

4.1.1.3.6 Pengembalian

Bahan awal, bahan pengemas, produk antara dan produk ruahan yang dikembalikan ke gudang penyimpanan harus diperiksa lagi kebenaran jumlah dan identitasnya oleh bagian IPC (*In Process Control*). Penyimpanan barang-barang tersebut dilakukan pada kondisi yang sesuai dengan stabilitas bahan.

4.1.1.3.7 Pengolahan

Semua bahan yang dipakai dalam pengolahan diperiksa kesesuaian dengan catatan pengolahan dalam *batch* terlebih dahulu sebelum digunakan oleh pengawas produksi, meliputi nomor analisa, nomor batch, nama produk, bentuk sediaan dan kode-kode bahan baku.

Sebelum pengolahan dimulai, kondisi daerah pengolahan telah dipantau dan dikendalikan sampai tingkat yang disyaratkan untuk kegiatan yang akan dilakukan misalnya pemeriksaan suhu dan kelembaban ruangan. Semua peralatan yang akan digunakan oleh PT. Sanbe Farma dalam proses pengolahan telah diperiksa sebelum digunakan dan dinyatakan "BERSIH" secara tertulis yang diperiksa oleh pengawas produksi, IPC dan apoteker produksi.

Seluruh kegiatan pengolahan dan kejadian yang terjadi diluar prosedur yang ditetapkan harus dilaporkan pada manajer produksi dan dicatat pada catatan pengolahan *batch* disertai alasan dan penjelasan penyebab penyimpangan tersebut. Bila ada parameter yang di luar spesifikasi, maka harus dilakukan investigasi sesuai prosedur tertulis penyelidikan terhadap hasil uji di luar spesifikasi. Semua wadah dan peralatan yang berisi produk antara diberi label yang menyatakan tahap pengolahannya dan label tersebut berisi keterangan tentang nama produk, nomor *batch*, jumlah, tanggal kadaluwarsa dan tanggal dilakukannya proses. Semua produk antara dan produk ruahan diberi label yang tepat, bila belum diluluskan oleh bagian pengawasan mutu maka diberi label "KARANTINA" yang berwarna kuning dan baru setelah diluluskan diberi label "DILULUSKAN" berwarna hijau. Pengawasan selama proses dilakukan oleh petugas IPC dari bagian pengawasan mutu. Pencatatan dilakukan secara rinci selama proses pengolahan berlangsung.

Hasil nyata dari setiap tahap proses *batch* yang dibuat telah dicatat dan dicocokkan terhadap hasil teroritisnya dalam perhitungan rekonsiliasi dan dilihat persen susut tiap tahap dan total produksi. Dalam seluruh tahap pengolahan, diberikan perhatian utama pada masalah kontaminasi silang. Cara lainnya adalah dengan peletakkan

bahan untuk setiap *batch* dalam tong-tong tertutup dengan pengamanan *ring lock* disertai dengan penandaan yang jelas pada tong.

4.1.1.3.8 Pengemasan

Kegiatan pengemasan di PT. Sanbe Farma dilakukan dengan pengawasan ketat untuk menjaga identitas, keutuhan dan kualitas barang yang sudah dikemas. Untuk setiap kegiatan pengemasan selalu ada prosedur tertulis yang menguraikan:

a. penerimaan serta identifikasi produk ruahan dan bahan pengemas
b. pengawasan untuk menjamin bahwa produk ruahan dan bahan pengemas (tercetak maupun tidak tercetak) yang akan dipakai adalah benar
c. pengawasan dalam proses selama pengemasan
d. rekonsiliasi terhadap produk ruahan dan bahan pengemas tercetak\
e. pemeriksaan akhir terhadap hasil pengemasan.

Semua kegiatan pengemasan dilaksanakan sesuai dengan instruksi yang diberikan dan menggunakan bahan pengemas yang tercantum dalam prosedur pengemasan induk. Rincian pelaksanaan pengemasan dicatat dalam catatan pengemasan *batch*. Sebelum kegiatan pengemasan dimulai, dilakukan pemeriksaan kesiapan jalur pengemasan sesuai dengan daftar periksa untuk memastikan bahwa ruang kerja dalam keadaan bersih dan bebas dari produk dan bahan kemasan dari *batch* sebelumnya.

Setiap penyerahan produk ruahan dan bahan pengemas diperiksa secara teliti identifikasinya oleh pengawas terhadap kesesuaian dengan catatan pengemasan batch dan dilakukan sesuai prosedur tertulis.

4.1.1.3.9 Bahan dan Produk yang Ditolak, Dipulihkan, dan Dikembalikan

Bahan atau produk dapat diolah ulang atau dipulihkan jika bahan atau produk tersebut memenuhi persyaratan untuk diolah ulang dengan prosedur yang telah ditetapkan dan tidak terjadi perubahan yang berarti terhadap mutunya. Prosedur pengolahan ulang tersebut dicatat dan didokumentasikan.

Proses ulang terhadap produk antara atau produk ruahan hanya dapat dilakukan bila tersedia proses pengolahan kembali yang telah divalidasi dan diteliti dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang akan terjadi, misalnya kecepatan disolusi, kekerasan tablet, kadar, pH, sterilitas dan sebagainya. Bila perlu dilakukan pemantauan stabilitas oleh bagian penelitian dan pengembangan.

Proses ulang produk dapat digolongkan sebagai berikut:

a. Produk antara, produk ruahan, atau obat jadi yang akan diproses ulang agar memenuhi spesifikasi mutu.
b. Sisa produk antara, produk ruahan, atau obat jadi yang akan diproses ulang menjadi *batch* berikutnya.
c. Produk jadi kembalian (internal yang berasal dari gudang produsen atau eksternal yang berasal dari distributor) untuk dikemas ulang saja.

Untuk produk kembalian, pengemasan ulang produk jadi hanya dapat dilakukan apabila terjadi kerusakan label atau kemasan sekunder saja. Produk yang dikemas ulang harus diberi kode atau penandaan khusus serta memerlukan perhatian khusus selama penandaan dan pengemasan untuk menghindari kekeliruan atau pemasangan label yang salah serta membedakan *batch* tersebut dari *batch* asalnya. Jumlah produk antara, produk ruahan, atau sisa produk yang ditambahkan harus diuji (fisik) oleh QC untuk memastikan produk tersebut memenuhi spesifikasi sebelum dilakukan proses. Batas kuantitas yang dapat diikut sertakan dalam batch berikutnya hendaklah memperhatikan dan dihitung secara teliti dan dibatasi jumlahnya agar mutu produk yang akan diperoleh tidak terpengaruh.

Jumlah produk antara atau produk ruahan. Yang ditambahkan tidak boleh lebih dari 10% dari ukuran batch yang akan diolah. Obat jadi hanya dapat dikembalikan dari gudang pabrik jika disebabkan oleh beberapa faktor seperti kerusakan label atau kemasan luar, kotor dan rusak. Hal ini dapat diatasi dengan pemberian label baru atau *recover* (penggantian kemasan), dapat juga dilakukan pengolahan ulang dengan memasukkannya kedalam *batch* berikutnya. Dengan catatan tidak

terdapatnya resiko terhadap mutu produk. Proses ulang ini didokumentasikan dengan baik. Bila diberikan label baru, harus dihindari campur baur dengan produk lain atau terjadinya kesalahan pemberian label.

Produk yang dikembalikan dari distributor, diuji secara lengkap di laboratorium pengawasan mutu sebelum diambil keputusan untuk diproses ulang. Apabila produk jadi dikembalikan dari rantai produksi, proses ulang dievaluasi secara kritis oleh bagian pengawasan mutu, meliputi penilaian terhadap sifat, kondisi, serta riwayat produk dijadikan bahan pertimbangan. Apabila timbul karaguan mengenai kualitasnya, produk kembalian sebaiknya dimusnahkan.

4.1.1.3.10 Karantina Obat Jadi dan Penyerahan ke Gudang Obat Jadi

Karantina obat jadi merupakan titik akhir pengawasan sebelum obat diserahkan ke gudang obat jadi untuk siap didistribusikan. Bentuk pengawasan oleh QC adalah dengan memberikan label yang jelas, memastikan produk dan catatan menyeluruh mengenai *batch* yang bersangkutan memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Penyerahan obat jadi ke daerah karantina dan cara penyimpanan sambil menunggu pelulusan dan cara pemindahan selanjutnya ke gudang obat jadi dilakukan sesuai dengan prosedur tertulis. Seluruh *batch* yang sudah terkemas disimpan dengan status karantina selama menunggu pelulusan dari QC. Setiap obat yang statusnya masih karantina, membutuhkan kondisi penyimpanan yang khusus, diberi label yang jelas yang menyatakan syarat penyimpanannya. Pelulusan obat jadi oleh bagian pengawasan mutu adalah produk jadi yang telah memenuhi persyaratan pengawasan mutu dalam semua spesifikasi pengolahan dan pengemasan. Bagian QC juga melakukan penyimpanan obat jadi yang sudah dikemas dalam jumlah yang cukup sebagai contoh pertinggal yang akan digunakan untuk pengujian di masa mendatang. Setelah bagian pengawasan mutu meluluskan suatu *batch*, obat jadi dipindahkan dari daerah karantina ke gudang obat jadi (GOJ).

4.1.1.3.11 Pengawasan Mutu

Laboratorium pengawasan mutu di PT. Sanbe Farma unit II dibagi atas laboratorium kimia dan mikrobiologi. Kedua laboratorium tersebut ditempatkan dalam ruangan yang terpisah dan memiliki alat pengujian masing-masing. Selain itu, ruangan penimbangan, ruangan penyimpanan bahan, dan ruangan instrument dipisahkan secara tersendiri. Area laboratorium QC dipisahkan dari kegiatan produksi dan pengemasan.

Laboratorium QC khusus diletakkan pada unit II lantai III. Terdapat ruangan khusus untuk instrumen, ruang uji disolusi, spektrofotometer, dan ruang insrumen HPLC. Ruangan dilengkapi dengan penyaluran udara untuk asap, *exhaust fan,* AC dan terdapat pengendalian udara terpisah untuk masing-masing laboratorium (kecuali laboratorium pengujian potensi). Pada laboratorium kimia terdapat lemari asam yang memiliki sistem penghisap udara tersendiri. Untuk instalasi pipa diberi penandaan yang jelas untuk menghindari kekeliruan. Sampah dan sisa bahan laboratorium QC dibuang pada tempat yang telah disediakan. Bahan beracun dan bahan yang mudah terbakar disimpan pada tempat yang dirancang khusus dan terpisah, zat-zat tersebut berupa asam atau basa yang dinetralkan terlebih dahulu. Setelah itu, QC akan mengirim ke bagian teknik untuk dibuang ke PPLI di Bogor.

Personil bagian QC terdiri dari apoteker dan analis yang terdidik dan terlatih serta berpengalaman dibidangnya. Tugas dan wewenang personil diterangkan dalam protap yang disimpan oleh yang bersangkutan. Tiap personil menggunakan pakaian pelindung, kaca mata pelindung, alat pengaman seperti respirator atau masker dan sarung tangan yang tahan asam atau basa yang diperlukan untuk tugasnya.

4.1.1.4 Personalia

PT. Sanbe Farma mempunyai karyawan ± 522 orang yang terdiri dari staf, karyawan tetap dan karyawan kontrak. Para karyawan terhimpun dalam wadah Serikat Pekerja Tingkat Perusahaan (SPTP) PT. Sanbe Farma. Setiap karyawan harus memiliki pengetahuan, keterampilan dan kemampuan yang memadai untuk

menjalankan tanggung jawabnya masing-masing. Mereka harus memiliki kesehatan fisik dan mental yang baik dalam melaksanakan tugasnya, hal ini dapat diketahui dari pemeriksaan kesehatan yang rutin dilakukan. Mereka juga hendaknya memiliki sikap dan kesadaran yang tinggi untuk mewujudkan CPOB.

4.1.1.5 Organisasi

Struktur organisasi merupakan satu kesatuan susunan seluruh organisasi yang terkait di PT. Sanbe Farma, mulai dari yang tertinggi sampai yang terendah, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.

PT. Sanbe Farma tersebut memiliki 14 divisi, yaitu *quality control finished product, Quality control vetenary, raw material & hormon, Doc control, Quality assurance, Vetenary production, PPIC, Solid production, Liquid dry syrup, semi solid* & *hormone production, Personal, Engineering*, EHS (*Environment, Health and Safety), Calibration corporate*, IT *operational* dan IT *system development*.

Jumlah karyawan PT. Sanbe Farma baik di unit I, II, III maupun di pabrik obat hewan sebanyak kurang lebih 3000 orang yang terdiri atas:

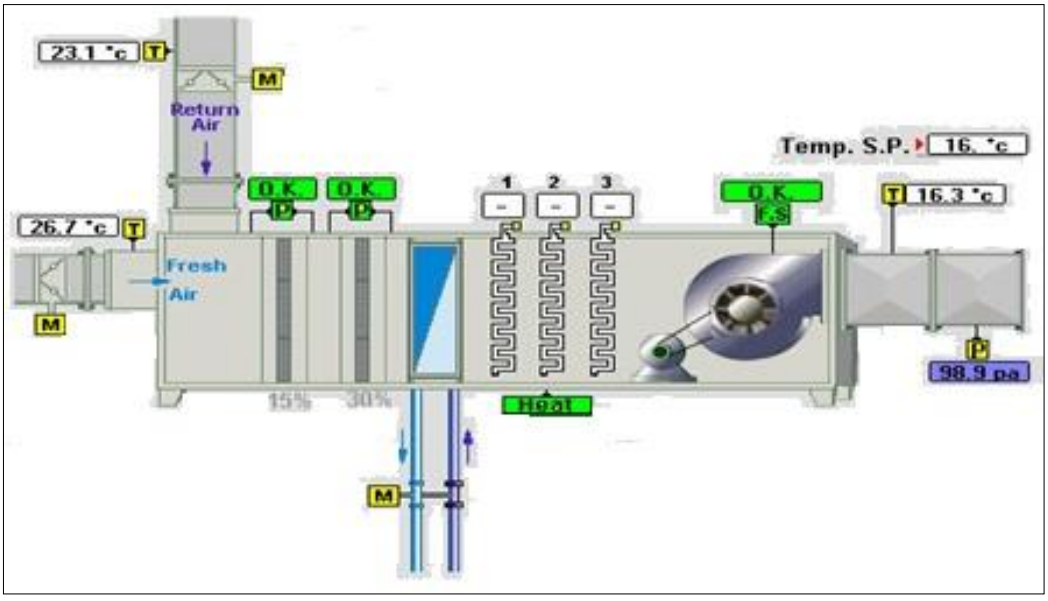
1. Apoteker
2. Staff
3. PhD (konsultan)

Manajer produksi PT. Sanbe Farma dipimpin oleh seorang yang sangat bertanggung jawab dan beliau merupakan seorang lulusan sarjana komputer yang terlatih dan memiliki pengamalan kerja bertahun-tahun dalam berbagai proses produksi, perencanaan proses, dan kemampuan manajerial yang bagus. Pada umumnya jabatan manajer produksi dipegang oleh seorang yang telah cukup lama bekerja di PT. Sanbe Farma karena telah mengenal seluk beluk perusahaan serta juga telah beradaptasi dengan lingkungan kerjanya. Manajer *engineering* bertanggung jawab untuk mengatur dan mengawasi pelaksanaan tiap tahap dalam proses utility ataupun hal yang sifatnya pendukung dalam sistem produksi di PT. Sanbe Farma, serta

menjamin kesesuaian prosedur tersebut dengan spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan.

4.1.1.6 Sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Condition*)

Penelitian dilakukan di departemen *engineering*, karena pada departemen tersebut terdapat mesin-mesin dan sistem yang mendukung pada proses produksi obat. Salah satunya yaitu sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Condition*) merupakan sistem pengkondisian udara yang saling berhubungan, karena menentukan suhu, tekanan udara dan kelembaban udara dalam suatu ruangan. Sistem HVAC memiliki peran sangat penting bagi berjalannya proses produksi obat, guna menunjang atau memenuhi suatu proses produksi dapat berjalan dengan lancar berdasarkan standar yang telah ditentukan. Apabila sistem HVAC memiliki kendala seperti mengalami kerusakan pada salah satu *part*, maka proses produksi pun akan terhambat dan akan mempengaruhi kualitas produk. Berikut ini merupakan gambar proses sistem HVAC yang dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.1 Proses sistem HVAC

Sistem HVAC dibagi dalam beberapa proses didalamnya, yaitu:

1. Diawali dari sistem AHU (*Air Handling Unit*) yaitu proses *fresh air* masuk ke area plenum atau *mixing clamber* disertai dengan *return air*. Proses tersebut merupakan proses mencampurkan antara *fresh air* dan *return air*. Adapun dari maisng-masing cerobong *fresh air* maupun *return air* disertai dengan demper, yang merupakan alat untuk mengatur aliran udara yang masuk. Untuk udara *fresh air* sebesar 20% sedangkan untuk udara *return air* 80%. Persen pembagian udara tersebut memiliki fungsi sebagai berikut:
    a. Mengambil udara *fresh air* 20% sehingga dapat memberikan oksigen ke ruang produksi yang akan disalurkan.
    b. Dari masing-masing sistem tidak perlu bekerja ekstra dalam mengkondisikan perubahan tekanan udara.
    c. Memudahkan sistem dalam mengatur Rh.
2. Setelah proses pencapuran udara tersebut dilakukan, maka udara akan melewati proses penyaringan partikel dengan efisiensi 30% menggunakan *prefilter*.
3. Selanjutnya udara pun akan melewati komponen *medium filter*, dengan efisiensi penyaringan partikel sebesar 90%.
4. Proses selanjutnya yaitu udara masuk ke proses *cooling coil* dengan dibantu oleh sebuah rangkaian CU (*Condenci Unit*) yaitu tempat proses pendinginan dengan suhu 12^{o}C. proses pendinginan tersebut dibantu oleh komponen-komponen kritisnya, yaitu:
    a. Compressor, yang merupakan alat untuk membantu menaikkan tekanan udara.
    b. Kondensor, yang merupakan alat untuk melepaskan kalor ke lingkungan.
    c. Ekspansi (Txv), yang merupakan alat untuk menurunkan tekanan Freon.
    d. Evaporator, yang merupakan alat untuk menurunkan kalor dari produk.
5. Lalu dilanjutkan dengan proses *heating coil* yaitu proses pemanasan tanpa ada uap air dengan suhu 21^{o}C. proses tersebut dibantu oleh komponen kritisnya yaitu *fluide steam*.

6. Setelah proses *heating coil*, maka masuk ke area dimana terdapat proses *static pressure* yaitu kemampuan udara untuk menekan atau melewati hambatan yang ada didepannya. Proses tersebut dibantu oleh komponen utamanya, yaitu:
   a. Fan, yaitu komponen untuk membuang udara (*low static pressure*).
   b. *Blower*, yaitu untuk men*supply* udara (*high static pressure*).
7. Udara yang ditarik oleh *blower* akan melewati heap filter yang merupakan proses penyaringan udara tahap akhir sesuai dengan kelas kebersihan ruangan dengan efisiensi 99,9%, dalam artian batas toleransi terdapat partikel udara yang masuk yaitu sebera 0,1% saja.
8. Tahap terakhir, udara dapat langsung disalurkan melalui *ducting* ke ruang-ruang produksi dan begitu seterusnya karena udara terus menerus bersirkulasi.

Komponen-komponen yang terdapat pada sistem HVAC tersebut terbagi dalam tiga klasifikasi, yaitu pertama komponen yang sifatnya *critical* merupakan komponen khusus yang memiliki peran penting dalam sistem HVAC. Apabila komponen tersebut mengalami kerusakan, maka keseluruhan sistem akan diberhentikan karena akan mempengaruhi ke ruang produksi. Kedua yaitu komponen yang sifatnya *general* merupakan komponen yang dapat digunakan atau dipasang untuk beberapa perangkat dan sifatnya tidak khusus. Ketiga yaitu komponen yang sifatnya *consumable* merupakan komponen yang sering digunakan atau sering mengalami pergantian.

4.1.1.7 Komponen Sistem HVAC

Berikut merupakan komponen-komponen *general* sistem HVAC yang masuk kriteria dalam proses penelitian, dapat dilihat sebagai berikut:

1. FAN

   FAN Berfungsi untuk menghisap udara didalam ruang untuk dibuang ke luar, dan pada saat bersamaan menarik udara segar diluar kedalam ruangan. Selain itu, exhaust fan juga bisa mengatur volume udara yang akan disirkulasikan pada ruang.



Gambar 4.2 FAN

2. Long Drat

   Long drat adalah besi yang mempunyai drat dari ujung ke ujung. Fungsi long drat yaitu:

   a. Secara umum dipakai untuk mengikatkan atau mengencangkan bagian benda. Agar benda tertancap secara ideal
   b. Ketika ingin membongkar yang sudah terpasang dengan kuat dan telah dibaut. Maka dapat dialihkan dengan menggunakan long drat, sehingga dapat digerakkan. Long drat disini pun berfungsi untuk menggerakkan.



Gambar 4.3 Long Drat

3. Double Neple

   Double neple adalah suatu part yang berfungsi sebagai penyambung dua bagian pipa. Bisa juga berfungsi sebagai penambah panjang yang hanya sekian cm saja. Biasanya double neple diaplikasikan dalam instalasi pipa besi.



Gambar 4.4 Double Neple

4. Pipa Tembaga

   Pipa tembaga merupakan pipa yang sering digunakan dalam instalasi air/fluida, baik fluida dingin atau panas. Contohnya adalah dalam aplikasi sistem HVAC. Beberapa merk pipa tembaga yaitu Artic, Crane, dll. Pipa berbahan tembaga tersebut cocok digunakan dalam instalasi pipa ac, karena kuat dalam korosi.



Gambar 4.5 Pipa Tembaga

5. Liquid Line Filter Drier

   Komponen ini berfungsi sebagai menyarinng kotoran dan menghilangkan uap air yang kemungkinan masih tertinggal pada sistem refrigerasi. Filter drier dipasangkan pada liquid line, yakni saluran yang menghubungkan antara keluaran condenser dengan alat ekspansi.



Gambar 4.6 Liquid Line Filter Drier

6. Miracle Flange

   Flanges adalah suatu komponen yang digunakan untuk menggabungkan antara dua elemen pipa dengan valve atau pipa dengan equipment lainnya menjadi satu kesatuan yang utuh dengan menggunakan baut sebagai perekatnya.



Gambar 4.7 Miracle Flange

7. Magnehelic

   Magnehelic adalah alat ukur tekanan udara. Dua metode umum dari kontrol tekanan diferensial adalah:

   a. Pelacakan pengukuran aliran dan kontrol.
   b. Pengukuran berbedaan tekanan dan kontrol.



Gambar 4.8 Magnehelic

8. Nepel Pentil

   Nepel pentil berfungsi untuk penutup Freon apabila Freon ingin disi ulang.



Gambar 4.9 Nepel Pentil

9. Busa Armaflex

   Busa Armaflex merupakan suatu komponen yang berfungsi sebagai sistem penyaringan udara (prefilter) dengan tingkat efisiensi 30%.



Gambar 4.10 Busa Armaflex

10. Medium Filter

    Medium filter merupakan suatu komponen yang berfungsi sebagai sistem penyaringan udara dengan tingkat efisiensi 90%.



Gambar 4.11 Medium Filter

11. Hepa Filter

    Medium filter merupakan suatu komponen yang berfungsi sebagai sistem penyaringan udara dengan tingkat efisiensi 99,9%.



Gambar 4.12 Hepa Filter

12. Refrigeration Lubricant

    Refrigeration Lubricant berfungsi sebagai pelumas bagian-bagian kompresor agar tidak cepat aus karna gesekan. Selain itu, berfungsi sebagai meredam panas dibagian-bagian kompresor.



Gambar 4.13 Refrigeration Lubricant

13. Suction Line Accumulator

    Suction Line Accumulator berfungsi sebagai mencegah masuknya refrigan cair masuk ke kompresor dimana jika ikut terkompresi, bisa merusak komponen kompresor.



Gambar 4.14 Suction Line Accumulator

14. Kompresor

    Kompresor adalah suatu alat mekanis yang bertugas untuk mengisap uap refrigeran dari evaporator. Kemudian menekannya (mengkompres) dan dengan demikian suhu dan tekanan uap tersebut menjadi lebih tinggi.



Gambar 4.15 Kompresor

15. Thermostat

Thermostat merupakan alat untuk kontrol suhu berbagai aplikasi seperti AC.



Gambar 4.16 Thermostat

16. Kontaktor

Contactor merupakan komponen listrik yang berfungsi untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik AC.



Gambar 4.17 Kontaktor

17. Solenoid Valve

Solenoid Valve merupakan alat sebagai buka dan penutup gas.



Gambar 4.18 Solenoid Valve

18. Knee Las

Knee Las berfungsi sebagai penyambung antar besi.



Gambar 4.19 Knee Las

19. Fan Motor

Fan motor berfungsi untuk mengerakan blower / baling-baling kipas fan, sehingga dari hasil putaran itu di gunakan untuk membuang hawa panas pada outdoor, dan hawa dingin pada evaporator indoor.



Gambar 4.20 Fan Motor

20. Hand valve

Hand Valve (Manual Valve) digunakan sebagai pengatur proses yang melibatkan aliran fluida gas.



Gambar 4.21 Hand Valve

21. Pipa

Pipa dalam sistem HVAC berfungsi sebagai sarana untuk menyalurkan udara dari suatu tempat ke ruang produksi.



Gambar 4.22 Pipa

22. Pulley

Cara kerja pulley sering digunakan untuk mengubah arah dari gaya yang diberikan, mengirimkan gerak rotasi. Fungsi sebenarnya hanya sebagai penghubung mekanis ke AC.



Gambar 4.23 Pulley

23. Suniso



Gambar 4.24 Suniso

24. Freon

Freon merupakan bahan pendingin atau refrigeran yang berupa cairan atau gas



Gambar 4.25 Freon

25. Sikring

Sikring (sekering) adalah suatu alat yang digunakan sebagai pengaman dalam suatu rangkaian listrik apabila terjadi kelebihan muatan listrik atau suatu hubungan arus pendek.



Gambar 4.26 Sikring

4.1.2 Data Frekuensi Kerusakan dan Harga Komponen

Berikut ini merupakan data frekuensi kerusakan berdasarkan rentang waktu satu tahun dan harga per komponen di sistem HVAC.

Tabel 4.1 Data frekuensi kerusakan dan harga komponen

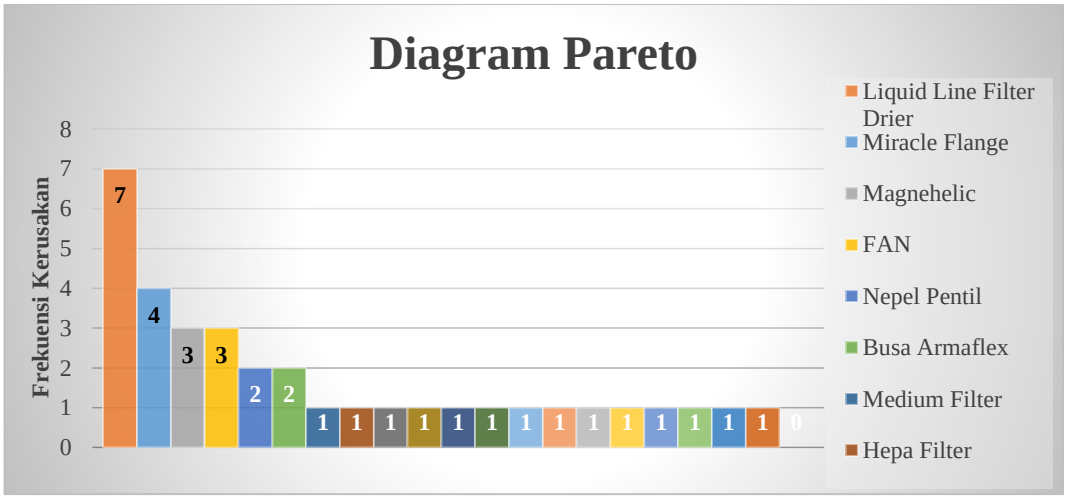
No	Nama Komponen	Frekuensi Kerusakan	Harga/Komponen
1	Liquid Line Filter Drier	7	Rp 150.000
2	Miracle Flange	4	Rp 69.500
3	Magnehelic	3	Rp 1.286.000
4	FAN	3	Rp 250.000
5	Nepel Pentil	2	Rp 8.500
6	Busa Armaflex	2	Rp 75.000
7	Medium Filter	1	Rp 960.000
8	Hepa Filter	1	Rp 1.234.500
9	Refrigeration Lubricant	1	Rp 100.000
10	Suction Line Accumulator	1	Rp 245.000
11	Kompresor	1	Rp 280.000
12	Thermostat	1	Rp 162.500
13	Selenoid Valve	1	Rp 250.000
14	Knee Las	1	Rp 97.500
15	Fan Motor	1	Rp 1.450.000
16	Hand Valve	1	Rp 170.000
17	Pipa	1	Rp 55.000
18	Pulley	1	Rp 60.000
19	Suniso	1	Rp 55.000
20	Sikring	1	Rp 42.000
21	Kontaktor	0	Rp 125.000

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Pemilihan Komponen Kritis

Berdasarkan data komponen-komponen bersifat general yang sudah ada, maka akan ditentukan beberapa komponen kritisnya. Komponen yang dapat dikatakan kritis yaitu dari frekuensi kerusakan dari masing-masing komponen dan harga satuan komponen yang menyesuaikan berdasarkan frekuensi kerusakan. Frekuensi kerusakan dikalkulasikan dari rentang waktu satu tahun.

Dapat dilihat pada diagram pareto berikut ini, yang memiliki frekuensi lebih besar terdapat 4 komponen. Dapat dikatakan komponen kritis karena frekuensi kerusakan lebih dari 2 kali dalam satu tahun.



Gambar 4.27 diagram pareto

Maka setelah dianalisa, berikut merupakan komponen-komponen yang sifatnya kritis:

Tabel 4.2 Data komponen kritis

No	Nama Komponen	Jumlah kerusakan	Harga Komponen	Total Biaya Pembelian Komponen
1	Miracle Flange	4	Rp 69.500	Rp 278.000
2	Exhaust FAN	3	Rp 250.000	Rp 750.000
3	Magnehelic	3	Rp 1.286.000	Rp 3.858.000
4	Liquid Line Filter Drier	7	Rp 150.000	Rp 1.050.000

4.2.2 Data Waktu Penggantian dan Biaya Tenaga Kerja

Data berikut ini merupakan waktu penggantian pencegahan dan waktu penggantian kerusakan, dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.3 Data waktu penggantian pencegahan

No	Nama Komponen	Waktu Penggantian Pencegahan		
		Menit	Jam	Hari (8 Jam Kerja)
1	Miracle Flange	10	0,167	0,021
2	Exhaust FAN	20	0,333	0,042
3	Magnehelic	15	0,250	0,031
4	Liquid Line Filter Drier	20	0,333	0,042

Tabel 4.4 Data waktu penggantian kerusakan

No	Nama Komponen	Waktu Penggantian Kerusakan		
		Menit	Jam	Hari (8 Jam Kerja)
1	Miracle Flange	15	0,250	0,031
2	Exhaust FAN	30	0,500	0,063
3	Magnehelic	20	0,333	0,042
6	Liquid Line Filter Drier	30	0,500	0,063

Berikut ini merupakan jumlah tenaga kerja dan biaya tenaga kerja teknisi di departemen *engineering*.

Tabel 4.5 Data jumlah dan ongkos tenaga kerja

Jumlah Mekanik HVAC	9 Orang
Hari Kerja (1 Bulan)	20 Hari
Gaji Tenaga Kerja	Rp 2.463.461
Ongkos Tenaga Kerja/hari	Rp 123.173

4.2.3 Perhitungan Biaya Perawatan

Berikut ini merupakan perhitungan biaya perawatan dari masing-masing komponen kritis yang telah terpilih:

1. Miracle Flange
   a. Penentuan harga Cp (Ongkos Penggantian Pencegahan)
      - Biaya Pembelian = Rp. 69.500
      - Biaya Teknisi Perawatan = Jumlah TK×Ongkos TK per hari×Waktu Penggantian Pencegahan (hari)…..…(4.1.)
        = 2 × Rp. 123.173 × 0,021
        = Rp. 5.132
      - Cp = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan……(4.2.)
        Rp. 69.500 + Rp. 5.132
        = Rp. 74.632

b. Penentuan harga Cf (Ongkos Penggantian Kerusakan)

- Biaya Pembelian = Rp. 69.500
- Biaya Teknisi Perawatan = Jumlah TK×Ongkos TK per hari×Waktu Penggantian Kerusakan (hari)…….(4.3.)
  = 2 × Rp. 123.173 × 0,031
  = Rp. 7.698
- Cf = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan……(4.4.)
  Rp. 69.500 + Rp. 7.698
  = Rp. 77.198

2. FAN

a. Penentuan harga Cp (Ongkos Penggantian Pencegahan)

- Biaya Pembelian = Rp. 250.000
- Biaya Teknisi Perawatan = Jumlah TK×Ongkos TK per hari×Waktu Penggantian Pencegahan (jam)…...…(4.1.)
  = 2 × Rp. 123.173 × 0,042
  = Rp. 10.264
- Cp = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan……(4.2.)
  Rp. 250.000 + Rp. 10.264
  = Rp. 260.264

b. Penentuan harga Cf (Ongkos Penggantian Kerusakan)

- Biaya Pembelian = Rp. 250.000
- Biaya Teknisi Perawatan = Jumlah TK×Ongkos TK per hari×Waktu Penggantian Kerusakan (hari)…….(4.3.)
  = 2 × Rp. 123.173 × 0,031
  = Rp. 7.698
- Cf = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan……(4.4.)
  Rp. 250.000 + Rp. 7.698
  = Rp. 257.698

3. Magnehelic
   a. Penentuan harga Cp (Ongkos Penggantian Pencegahan)
      - Biaya Pembelian = Rp. 1.286.000
      - Biaya Teknisi Perawatan = Jumlah TK×Ongkos TK per hari×Waktu Penggantian Pencegahan (hari)…..…(4.1.)
        = 2 × Rp. 123.173 × 0,250
        = Rp. 7.698
      - Cp = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan……(4.2.)
        Rp. 1.286.000 + Rp. 7.698
        = Rp. 1.293.698

   b. Penentuan harga Cf (Ongkos Penggantian Kerusakan)
      - Biaya Pembelian = Rp. 1.286.000
      - Biaya Teknisi Perawatan = Jumlah TK×Ongkos TK per hari×Waktu Penggantian Kerusakan (hari)…….(4.3.)
        = 2 × Rp. 123.173 × 0,042
        = Rp. 10.264
      - Cf = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan……(4.4.)
        Rp. 1.286.000 + Rp. 10.264
        = Rp. 1.296.264

4. Liquid Line Filter Drier
   a. Penentuan harga Cp (Ongkos Penggantian Pencegahan)
      - Biaya Pembelian = Rp. 150.000
      - Biaya Teknisi Perawatan = Jumlah TK×Ongkos TK per hari×Waktu Penggantian Pencegahan (hari)…..…(4.1.)
        = 2 × Rp.123.173 × 0,042
        = Rp. 10.264
      - Cp = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan……(4.2.)
        Rp. 150.000+ Rp. 10.264
        = Rp. 160.264

b. Penentuan harga Cf (Ongkos Penggantian Kerusakan)

- Biaya Pembelian = Rp. 150.000
- Biaya Teknisi Perawatan = Jumlah TK×Ongkos TK per hari×Waktu Penggantian Kerusakan (hari)…….(4.3.)

  = 2 × Rp.123.173 × 0,063

  = Rp. 15.397
- Cf = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan……(4.4.)

  Rp. 150.000+ Rp. 15.397

  = Rp. 165.397

4.2.4 Perhitungan Parameter α dan β

Berikut ini merupakan perhitungan nilai α dan β sebagai parameter jenis komponen kritis yang diteliti, maka dapat dilihat pada perhitungan berikut:

1. Miracle Flange

   Perhitungan nilai α dan β dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Nilai α dan β Miracle Flange

i	Waktu Kerusakan (hari)	Ranking	$R(Ti)^{-1}$	Xi	Yi	XiYi	Xi2
1	2	2	1,189	-1,753	0,693	-1,215	3,073
2	2	2	1,630	-0,717	0,693	-0,497	0,514
3	10	10	2,588	-0,050	2,303	-0,116	0,003
4	35	35	6,286	0,609	3,555	2,165	0,371
	TOTAL			**-1,911**	**7,244**	**0,337**	**3,960**

b	a	α	β
1,246	2,406	11,093	0,803

Contoh Perhitungan

Waktu kerusakan = 2 hari, maka:

a. Ranking = Mengurutkan data waktu kerusakan dari yang terkecil hingga yang terbesar.

b. $R(Ti)^{-1} = \frac{(n+0,4)}{(n-i+0,7)}$ ……..……..…(4.5.)

$R(Ti)^{-1} = \frac{(4+0,4)}{(4-1+0,7)} = 1,189$

c. Xi = ln(ln$(R(Ti)^{-1})$) …..……..……..…(4.6.)

Xi = ln(ln(1,189)) = -1,753

d. Yi = ln(Ranking) ……..……..…(4.7.)

Yi = ln(2) = 0,693

e. XiYi = -1,753 × 0,693 = -1,215……...……...…(4.8.)

f. Xi^2 = $(-1,753)^2$ = 3,073……...…(4.9.)

g. $b = \frac{n.\sum XiYi-(\sum Xi)(\sum Yi)}{n.\sum Xi^2-(\sum Xi)^2}$ ……(4.10.)

$b = \frac{4.(0,337)-(-1,911)(7,244)}{4.(3,960)-(-1,911^2)} = 1,246$

h. $a = \frac{\sum Yi}{n} - b\frac{\sum Xi}{n}$……..…(4.11.)

$a = \frac{7,244}{n} - 1,246\frac{-1,911}{n} = 2,406$

i. α = exp a……..(4.12.)

α = exp(2,406) = 11,093

j. $\beta = \frac{1}{b}$ ……(4.13.)

$\beta = \frac{1}{1,246} = 0,803$

2. FAN

Perhitungan nilai α dan β dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.7 Nilai α dan β FAN

i	Waktu Kerusakan (hari)	Ranking	R(Ti)-1	Xi	Yi	XiYi	Xi2
1	92	50	1,259	-1,467	3,912	-5,741	2,153
2	62	62	2,000	-0,367	4,127	-1,513	0,134
3	50	92	4,857	0,458	4,522	2,070	0,209
	TOTAL			**-1,376**	**12,561**	**-5,183**	**2,497**

b	a	α	β
0,310	4,329	75,883	3,226

3. Magnehelic

Perhitungan nilai α dan β dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Nilai α dan β Magnehelic

i	Waktu Kerusakan (hari)	Ranking	R(Ti)-1	Xi	Yi	XiYi	Xi2
1	270	7	1,259	-1,467	1,946	-2,855	2,153
2	9	9	2,000	-0,367	2,197	-0,805	0,134
3	7	270	4,857	0,458	5,598	2,562	0,209
	TOTAL			**-1,376**	**9,742**	**-1,098**	**2,497**

b	a	α	β
1,806	4,076	58,889	0,554

4. Liquid Line Filter Drier

Perhitungan nilai α dan β dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.9 Nilai α dan β Liquid Line Filter Drier

i	Waktu Kerusakan (hari)	Ranking	R(Ti)-1	Xi	Yi	XiYi	Xi2
1	88	3	1,104	-2,309	1,099	-2,537	5,331
2	12	12	1,298	-1,343	2,485	-3,338	1,804
3	205	19	1,574	-0,790	2,944	-2,326	0,624
4	31	31	2,000	-0,367	3,434	-1,259	0,134
5	40	40	2,741	0,008	3,689	0,030	0,000
6	3	88	4,353	0,386	4,477	1,728	0,149
7	19	205	10,571	0,858	5,323	4,567	0,736
	TOTAL			**-3,556**	**23,451**	**-3,134**	**8,778**

b	a	α	β
1,259	3,990	54,046	0,794

4.2.5 Pengujian Distribusi Waktu Antar Kerusakan

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan apakah data waktu antar kerusakan tersebut berdistribusi weibull atau tidak. Setelah diuji dalam perhitungan *index of fit* dengan membandingkan distribusi Normal, Lognormal, Eksponensial dan Weibull, data tersebut berdistribusi Weibull. Namun untuk meyakinkan kembali apakah data tersebut berdistribusi Weibull, maka berikut merupakan perhitungan Mann's Test untuk distribusi Weibull. Pengujian ini dibuat khusus untuk berdistribusi kerusakan Weibull yang dibuat dengan Mann, Schafer (1974). Mann's Test dilakukan untuk membuktikan apakah waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull atau tidak. berikut ini merupakan penentuan distribusi waktu antar kerusakan dari masing-masing komponen kritis:

1. Miracle Flange

   Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

   a. Menentukan hipotesis:

      H_0 : Waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull

      H_1 : Waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Weibull

b. Kriteria penerimaan:

H_0 diterima jika $M < F_{(0,01;2k2;2k1)}$ (Tabel F)

c. Uji statistik:

Tabel 4.10 Uji Mann's Test Miracle Flange

Periode (i)	**Waktu Kerusakan (Xi)**	**ln Xi**	**Zi = $\ln[-\ln\left(1-\frac{i-0,5}{n+0,25}\right)]$**	**Mi = Z_{i+1}-lnXi**	**$\ln X_{i+1}$ - $\ln X_i$**	**($\ln X_{i+1}$ - $\ln X_i$)/Mi**
1	2	0,693	-2,078	1,246	0,000	0,000
2	2	0,693	-0,832	0,712	1,609	2,260
3	10	2,303	-0,120	0,670	1,253	1,869
4	35	3,555	0,551			
TOTAL	**49**		**-2,479**			

d. Contoh perhitungan:

Di mana : ti = Xi = Waktu antar kerusakan

r = Jumlah Pengamatan

$$k_1 = \frac{r}{2} \quad \text{.....(2.25.)}$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} \quad \text{.....(2.26.)}$$

- r = 4
- $k_1 = \frac{4}{2} = 2$
- $k_2 = \frac{4-1}{2} = 1,5$
- $M = \frac{K_1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} [(\ln t_{i+1} - \ln t_i)/Mi]}{K_1 \sum_{i=1}^{k1} [(\ln t_{i+1} - \ln t_i)/Mi]}$ .....(2.24.)

$$M = \frac{2 \sum_{3}^{3} [1,869]}{2 \sum_{1}^{2} [(2,260]} = 3,738/4,520 = 0,827$$

e. Analisa Perbandingan:

M = 0,827

Menentukan daerah kritis dengan α = 0,01 dari hasil pengolahan data menggunakan tabel $F_{(0,01;2k2;2k1)} = F_{(0,01;3;4)} = 16,69437$.

f. Kesimpulan:

Karena nilai M = 0,827 < $F_{(0,01;3;4)}$ = 16,69437, maka H_0 diterima artinya waktu antar kerusakan komponen Miracle Flange adalah berdistribusi Weibull.

2. FAN

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

a. Menentukan hipotesis:

H_0 : Waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull

H_1 : Waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Weibull

b. Kriteria penerimaan:

H_0 diterima jika M < $F_{(0,01;2k2;2k1)}$ (Tabel F)

c. Uji statistik:

Tabel 4.11 Uji Mann's Test FAN

Periode (i)	**Waktu Kerusakan (Xi)**	**ln Xi**	**Zi = $\ln[-\ln\left(1-\frac{i-0,5}{n+0,25}\right)]$**	**Mi = Z_{i+1}-lnXi**	**$\ln X_{i+1}$ - $\ln X_i$**	**($\ln X_{i+1}$ - $\ln X_i$)/Mi**
1	92	4,522	-1,789	1,310	-0,395	-0,301
2	62	4,127	-0,480	0,862	-0,215	-0,249
3	50	3,912	0,383			
TOTAL	**204**		**-1,886**			

d. Contoh perhitungan:

- r = 3
- $k_1 = \frac{3}{2} = 1,5$……(2.25.)
- $k_2 = \frac{3-1}{2} = 1$……(2.26.)
- M = -0,249/ -0,301 = 0,828……..…(2.24.)

e. Analisa Perbandingan:

M = 0,828

Menentukan daerah kritis dengan α = 0,01 dari hasil pengolahan data menggunakan tabel $F_{(0,01;2k2;2k1)} = F_{(0,01;2;3)} = 30,8165$.

f. Kesimpulan:

Kesimpulan, karena nilai $M = 0,828 < F_{(0,01;2;3)} = 30,8165$, maka H_0 diterima artinya waktu antar kerusakan komponen FAN adalah berdistribusi Weibull.

3. Magnehelic

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

a. Menentukan hipotesis:

H_0 : Waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull

H_1 : Waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Weibull

b. Kriteria penerimaan:

H_0 diterima jika $M < F_{(0,01;2k2;2k1)}$ (Tabel F)

c. Uji statistik:

Tabel 4.12 Uji Mann's Test Magnehelic

Periode (i)	**Waktu Kerusakan (Xi)**	**ln Xi**	**Zi = $\ln[-\ln\left(1-\frac{i-0,5}{n+0,25}\right)]$**	**Mi = Z_{i+1}-lnXi**	**$\ln X_{i+1}$ - $\ln X_i$**	**($\ln X_{i+1}$ - $\ln X_i$)/Mi**
1	270	5,598	-1,789	1,310	-3,401	-2,597
2	9	2,197	-0,480	0,862	-0,251	-0,291
3	7	1,946	0,383			
TOTAL	**286**		**-1,886**			

d. Contoh perhitungan:

- r = 3
- $k_1 = \frac{3}{2} = 1,5$……(2.25.)
- $k_2 = \frac{3-1}{2} = 1$……(2.26.)
- M = -0,291/ -2,597 = 0,112.……..(2.24.)

e. Analisa Perbandingan:

M = 0,112

Menentukan daerah kritis dengan α = 0,01 dari hasil pengolahan data menggunakan tabel $F_{(0,01;2k2;2k1)} = F_{(0,01;2;3)} = 30,8165$.

f. Kesimpulan:

Kesimpulan, karena nilai $M = 0,112 < F_{(0,01;2;3)} = 30,8165$, maka H_0 diterima artinya waktu antar kerusakan komponen Magnehelic adalah berdistribusi Weibull.

4. Liquid Line Filter Drier

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

a. Menentukan hipotesis:

H_0 : Waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull

H_1 : Waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Weibull

b. Kriteria penerimaan:

H_0 diterima jika $M < F_{(0,01;2k2;2k1)}$ (Tabel F)

c. Uji statistik:

Tabel 4.13 Uji Mann's Test Liquid Line Filter Drier

Periode (i)	**Waktu Kerusakan (Xi)**	**ln Xi**	**$Zi = \ln[-\ln\left(1-\frac{i-0,5}{n+0,25}\right)]$**	**$Mi = Z_{i+1} - \ln Xi$**	**$\ln X_{i+1} - \ln X_i$**	**$(\ln X_{i+1} - \ln X_i)/Mi$**
1	88	4,477	-2,639	1,177	-1,992	-1,693
2	12	2,485	-1,462	0,601	2,838	4,721
3	205	5,323	-0,861	0,444	-1,889	-4,254
4	31	3,434	-0,417	0,386	0,255	0,661
5	40	3,689	-0,031	0,383	-2,590	-6,768
6	3	1,099	0,352	0,468	1,846	3,948
7	19	2,944	0,819			
TOTAL	**398**		**-4,238**			

d. Contoh perhitungan:
   - r = 7
   - $k_1 = \frac{7}{2} = 3{,}5$……(2.25.)
   - $k_2 = \frac{7\text{-}1}{2} = 3$……...(2.26.)
   - M = -2,159/ -1,226 = 1,761……..…(2.24.)

e. Analisa Perbandingan:

   M = 1,761

   Menentukan daerah kritis dengan α = 0,01 dari hasil pengolahan data menggunakan tabel $F_{(0,01;2k2;2k1)} = F_{(0,01;6;7)} = 7{,}191$.

f. Kesimpulan:

   Kesimpulan, karena nilai M = 1,761< $F_{(0,01;6;7)}$ = 7,191, maka H_0 diterima artinya waktu antar kerusakan komponen Liquid Line Filter Drier adalah berdistribusi Weibull.

4.2.6 Fungsi-fungsi Distribusi Weibull

4.2.6.1 Fungsi Keandalan

Berikut perhitungan fungsi keandalan dari masing-masing komponen kritis, yaitu:

1. Miracle Flange

   Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi keandalan.

Tabel 4.14 Fungsi keandalan Miracle Flange

No	t	R(t)
1	2	0,776585
2	2	0,776585
3	10	0,398481
4	35	0,080888

Contoh perhitungan t = 2, maka:

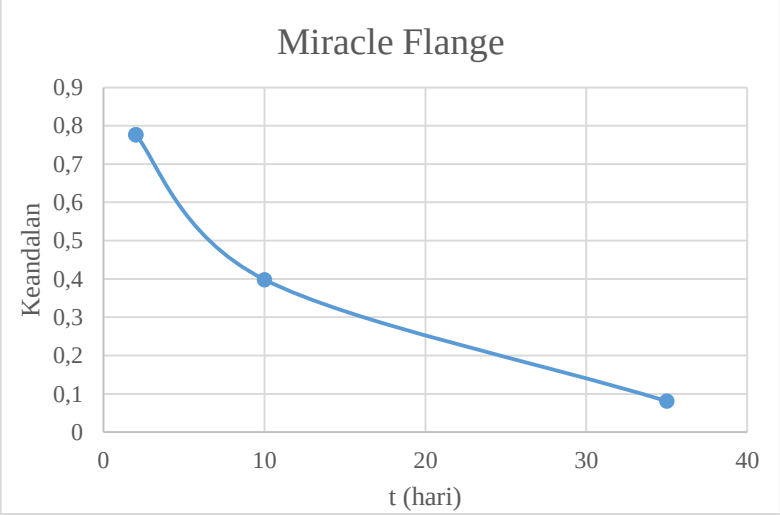
Jika diketahui : α = 11,093

β = 0,803

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \quad \text{.....(2.9.)}$$

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{2}{11{,}093}\right)^{0{,}803}\right] = 0{,}776585$$

Berikut merupakan kurva fungsi keandalan.



Gambar 4.28 Kurva fungsi keandalan Miracle Flange

2. FAN

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi keandalan.

Tabel 4.15 Fungsi keandalan FAN

No	t	R(t)
1	50	0,770776
2	62	0,59386
3	92	0,155467

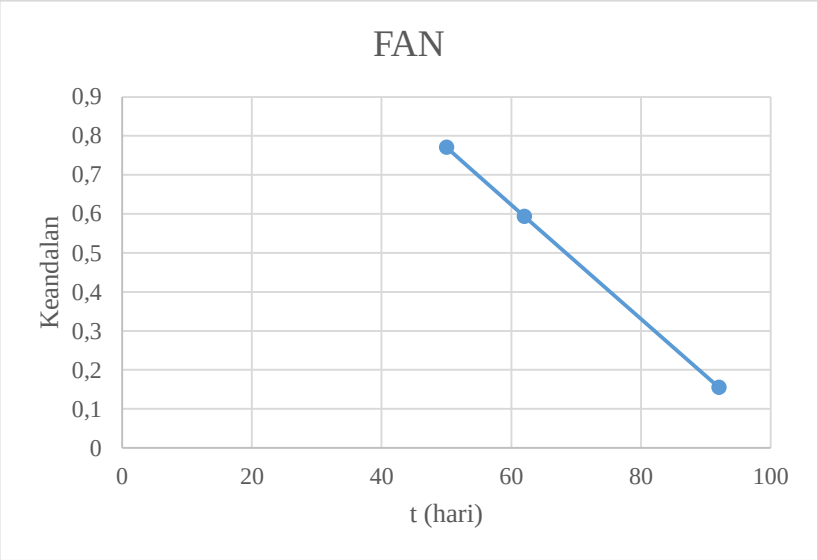
Contoh perhitungan t = 50, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 75{,}883$

$\beta = 3{,}226$

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{50}{75{,}883}\right)^{3{,}226}\right] = 0{,}770776 \text{.....(2.9.)}$$

Berikut merupakan kurva fungsi keandalan.



Gambar 4.29 Kurva fungsi keandalan FAN

3. Magnehelic

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi keandalan.

Tabel 4.16 Fungsi keandalan Magnehelic

No	t	R(t)
1	7	0,735279
2	9	0,702285
3	270	0,097909

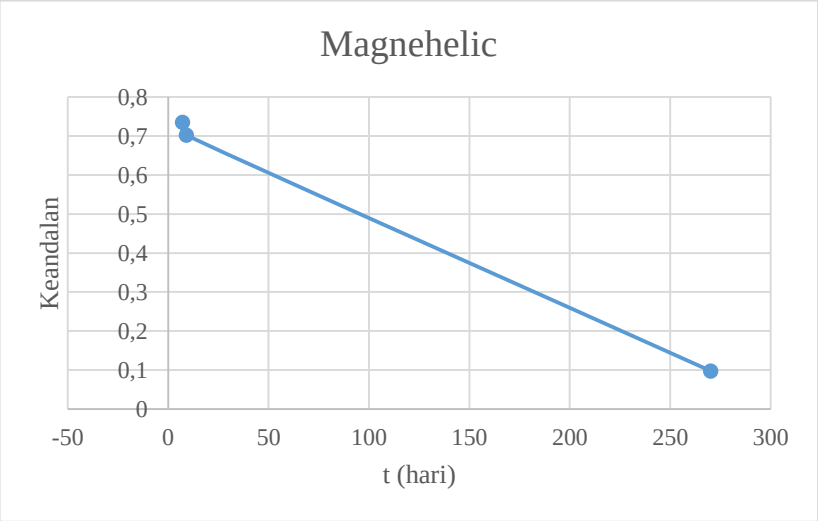
Contoh perhitungan t = 7, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 58{,}889$

$\beta = 0{,}554$

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{7}{58{,}889}\right)^{0{,}554}\right] = 0{,}735279 \quad \text{.....(2.9.)}$$

Berikut merupakan kurva fungsi keandalan.



Gambar 4.30 Kurva fungsi keandalan Magnehelic

4. Liquid Line Filter Drier

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi keandalan.

Tabel 4.17 Fungsi keandalan Liquid Line Filter Drier

No	t	R(t)
1	3	0,90428
2	12	0,738892
3	19	0,64668
4	31	0,525674
5	40	0,455033
6	88	0,229265
7	205	0,055952

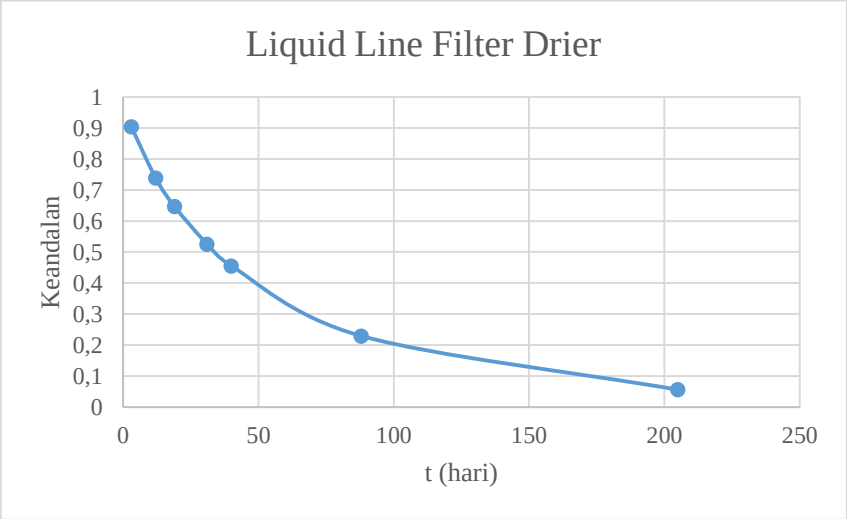
Contoh perhitungan t = 3, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 54{,}046$

$\beta = 0{,}794$

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{3}{54{,}046}\right)^{0{,}794}\right] = 0{,}90428 \qquad (2.9.)$$

Berikut merupakan kurva fungsi keandalan.



Gambar 4.31 Kurva fungsi keandalan Liquid Line Filter Drier

4.2.6.2 Fungsi Laju Kerusakan

Berikut merupakan perhitungan fungsi laju kerusakan dari masing-masing komponen kritis, yaitu:

1. Miracle Flange

   Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi laju kerusakan.

Tabel 4.18 Fungsi laju kerusakan Miracle Flange

No	t	r(t)
1	2	0,101464
2	2	0,101464
3	10	0,073844
4	35	0,057663

Contoh perhitungan t = 2, maka:

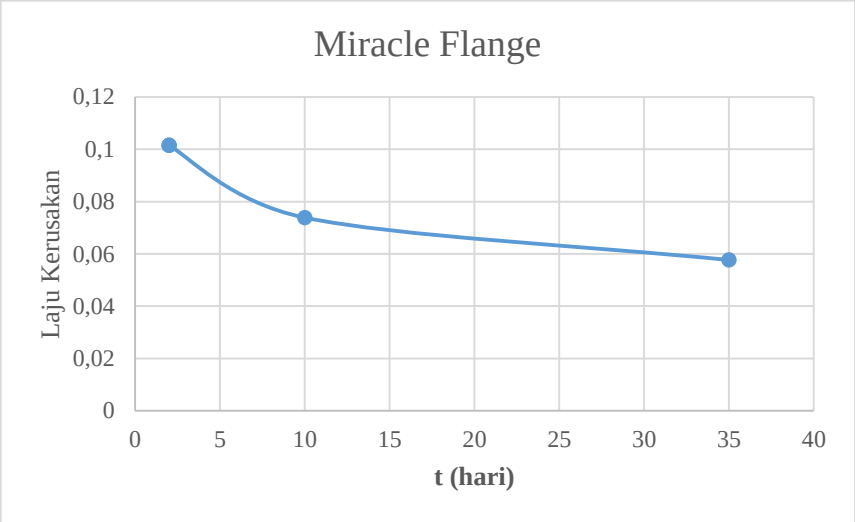
Jika diketahui : $\alpha = 11{,}093$

$\beta = 0{,}803$

$$r(t) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad \text{.....(2.10.)}$$

$$r(t) = \frac{0{,}803}{11{,}093}\left(\frac{2}{11{,}093}\right)^{0{,}803-1} = 0{,}101464$$

Berikut merupakan kurva fungsi laju kerusakan.



Gambar 4.32 Kurva fungsi laju kerusakan Miracle Flange

2. FAN

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi laju kerusakan.

Tabel 4.19 Fungsi laju kerusakan FAN

No	t	r(t)
1	50	0,016797
2	62	0,027113
3	92	0,065264

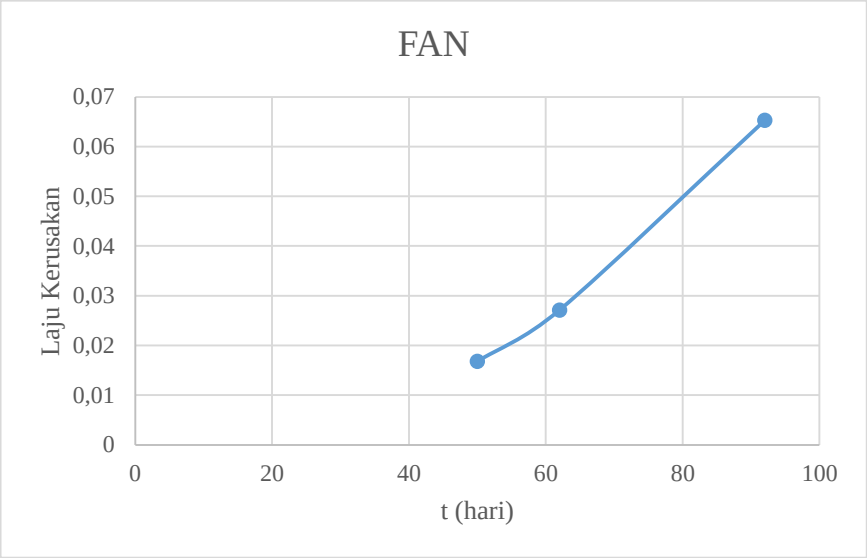
Contoh perhitungan t = 50, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 75{,}883$

$\beta = 3{,}226$

$$r(t) = \frac{3{,}226}{75{,}883}\left(\frac{50}{75{,}883}\right)^{3{,}226-1} = 0{,}016797 \quad \text{.....(2.10.)}$$

Berikut merupakan kurva fungsi laju kerusakan.



Gambar 4.33 Kurva fungsi laju kerusakan FAN

3. Magnehelic

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi laju kerusakan.

Tabel 4.20 Fungsi laju kerusakan Magnehelic

No	t	r(t)
1	7	0,024324
2	9	0,021743
3	270	0,004765

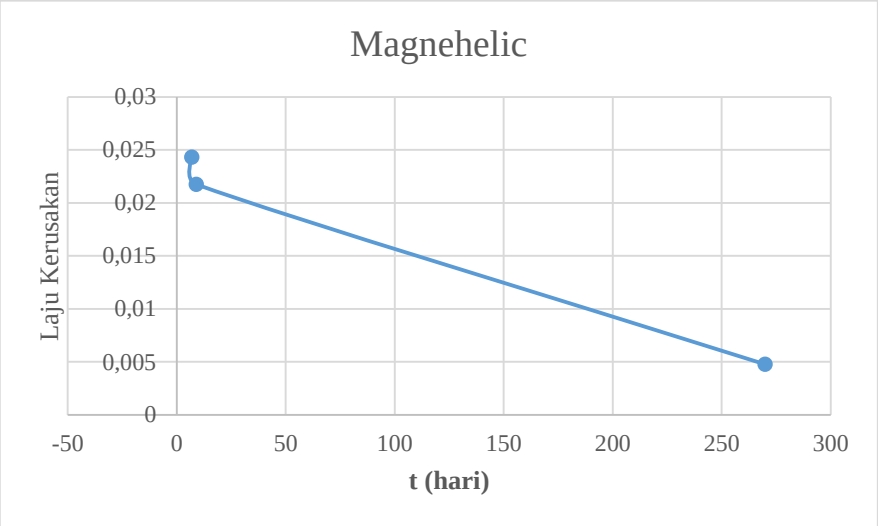
Contoh perhitungan t = 7, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 58{,}889$

$\beta = 0{,}554$

$$r(t) = \frac{0{,}554}{58{,}889}\left(\frac{7}{58{,}889}\right)^{0{,}554\text{-}1} = 0{,}024324 \quad \text{.....(2.10.)}$$

Berikut merupakan kurva fungsi laju kerusakan.



Gambar 4.34 Kurva fungsi laju kerusakan Magnehelic

4. Liquid Line Filter Drier

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi laju kerusakan.

Tabel 4.21 Fungsi laju kerusakan Liquid Line Filter Drier

No	t	r(t)
1	3	0,026639
2	12	0,020029
3	19	0,018223
4	31	0,016477
5	40	0,015635
6	88	0,013294
7	205	0,011171

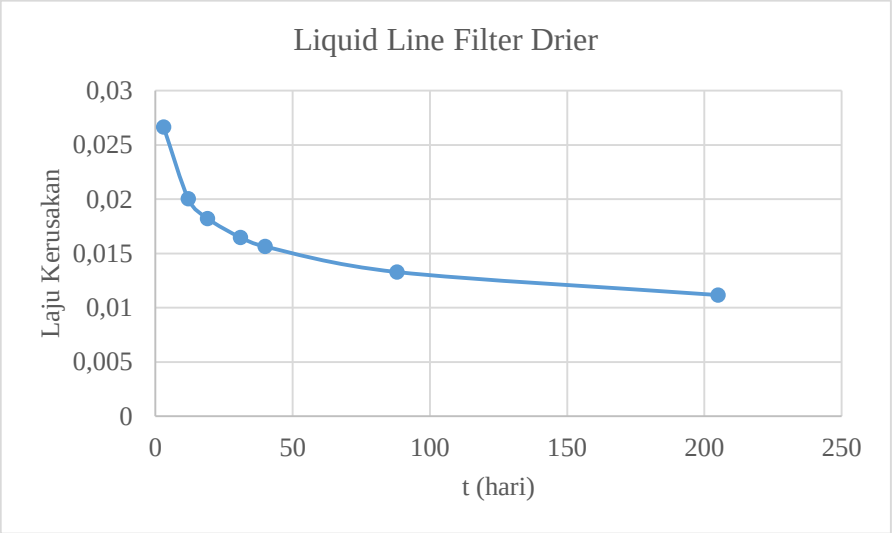
Contoh perhitungan t = 3, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 54{,}046$

$\beta = 0{,}794$

$$r(t) = \frac{0{,}794}{54{,}046}\left(\frac{3}{54{,}046}\right)^{0{,}794-1} = 0{,}026639 \quad \text{.....(2.10.)}$$

Berikut merupakan kurva fungsi laju kerusakan.



Gambar 4.35 Kurva fungsi laju kerusakan Liquid Line Filter Drier

4.2.6.3 Fungsi Kepadatan Kerusakan

Berikut merupakan perhitungan fungsi kepadatan kerusakan dari masing-masing komponen kritis, yaitu:

1. Miracle Flange

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi kepadatan kerusakan.

Tabel 4.22 Fungsi kepadatan kerusakan Miracle Flange

No	t	f(t)
1	2	0,078796
2	2	0,078796
3	10	0,029425
4	35	0,004664

Contoh perhitungan t = 2, maka:

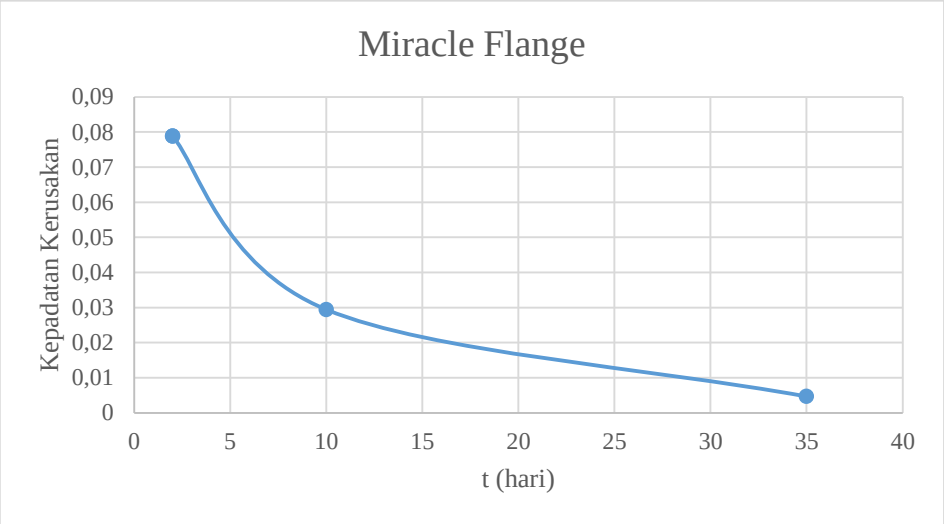
Jika diketahui : $\alpha = 11{,}093$

$\beta = 0{,}803$

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \quad \text{.....(2.11.)}$$

$$f(t) = \frac{0{,}803}{11{,}093}\left(\frac{2}{11{,}093}\right)^{0{,}803-1} \exp\left[-\left(\frac{2}{11{,}093}\right)^{0{,}803}\right] = 0{,}078796$$

Berikut merupakan kurva fungsi kepadatan kerusakan.



Gambar 4.36 Kurva fungsi kepadatan kerusakan Miracle Flange

2. FAN

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi kepadatan kerusakan.

Tabel 4.23 Fungsi kepadatan kerusakan FAN

No	t	f(t)
1	50	0,012947
2	62	0,016101
3	92	0,010146

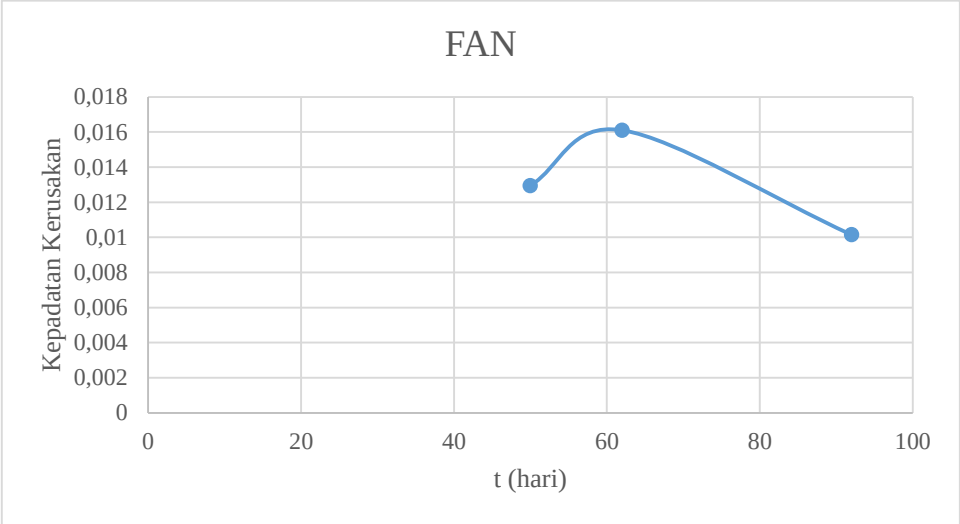
Contoh perhitungan t = 50, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 75{,}883$

$\beta = 3{,}226$

$$f(t) = \frac{3{,}226}{75{,}883}\left(\frac{50}{75{,}883}\right)^{3{,}226-1} \exp\left[-\left(\frac{50}{75{,}883}\right)^{3{,}226}\right] = 0{,}01294 \ldots\ldots\ldots (2.11.)$$

Berikut merupakan kurva fungsi kepadatan kerusakan.



Gambar 4.37 Kurva fungsi kepadatan kerusakan FAN

3. Magnehelic

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi kepadatan kerusakan.

Tabel 4.24 Fungsi kepadatan kerusakan Magnehelic

No	t	f(t)
1	7	0,017885
2	9	0,01527
3	270	0,000467

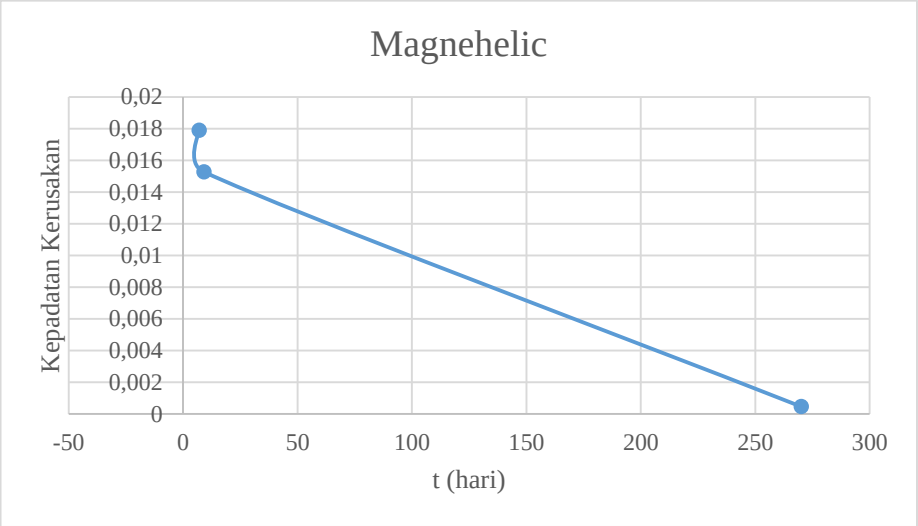
Contoh perhitungan t = 7, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 58{,}889$

$\beta = 0{,}554$

$$f(t) = \frac{0{,}554}{58{,}889}\left(\frac{7}{58{,}889}\right)^{0{,}554-1} \exp\left[-\left(\frac{7}{58{,}889}\right)^{0{,}554}\right] = 0{,}017885 \ldots\ldots (2.11.)$$

Berikut merupakan kurva fungsi kepadatan kerusakan.



Gambar 4.38 Kurva fungsi kepadatan kerusakan Magnehelic

4. Liquid Line Filter Drier

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi kepadatan kerusakan.

Tabel 4.25 Fungsi kepadatan kerusakan Liquid Line Filter Drier

No	t	f(t)
1	3	0,024089
2	12	0,0148
3	19	0,011784
4	31	0,008661
5	40	0,007115
6	88	0,003048
7	205	0,000625

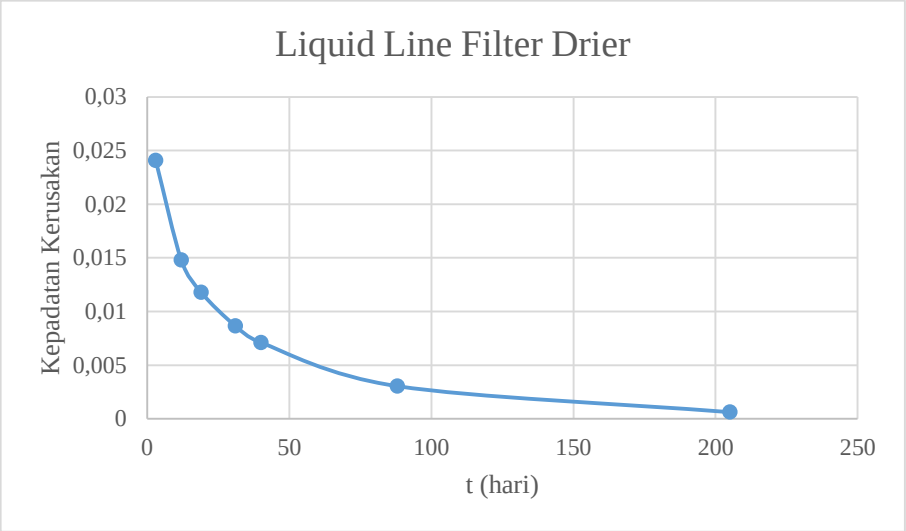
Contoh perhitungan t = 3, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 54{,}046$

$\beta = 0{,}794$

$$f(t) = \frac{0{,}794}{54{,}046}\left(\frac{3}{54{,}046}\right)^{0{,}794-1} \exp\left[-\left(\frac{3}{54{,}046}\right)^{0{,}794}\right] = 0{,}024089\ldots\ldots(2.11.)$$

Berikut merupakan kurva fungsi kepadatan kerusakan.



Gambar 4.39 Kurva fungsi kepadatan kerusakan Liquid Line Filter Drier

4.2.6.4 Fungsi Distribusi Kumulatif

Berikut merupakan perhitungan fungsi distribusi kumulatif dari masing-masing komponen kritis, yaitu:

1. Miracle Flange

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi distribusi kumulatif.

Tabel 4.26 Fungsi distribusi kumulatif Miracle Flange

No	t	F(t)
1	2	0,223415
2	2	0,223415
3	10	0,601519
4	35	0,919112

Contoh perhitungan t = 2, maka:

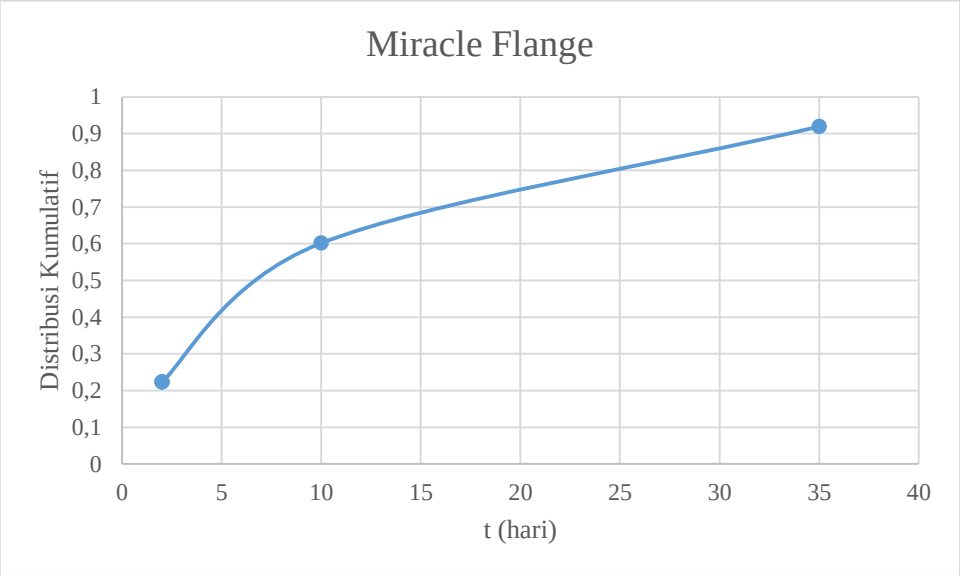
Jika diketahui : $\alpha = 11{,}093$

$\beta = 0{,}803$

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \quad \text{.....(2.12.)}$$

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{2}{11{,}093}\right)^{0{,}803}\right] = 0{,}223415$$

Berikut merupakan kurva fungsi distribusi kumulatif.



Gambar 4.40 Kurva fungsi distribusi kumulatif Miracle Flange

2. FAN

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi distribusi kumulatif.

Tabel 4.27 Fungsi distribusi kumulatif FAN

No	t	F(t)
1	50	0,229224
2	62	0,40614
3	92	0,844533

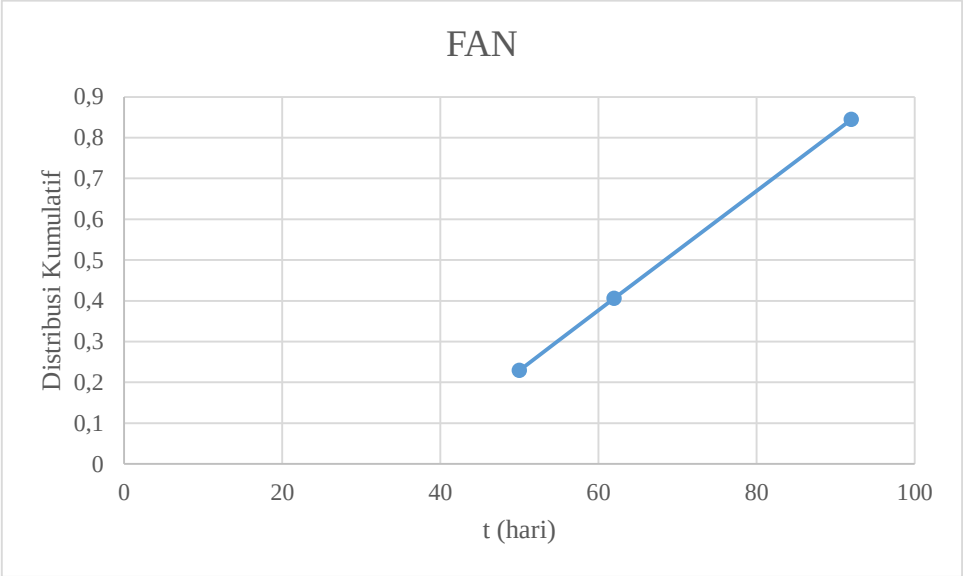
Contoh perhitungan t = 50, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 75{,}883$

$\beta = 3{,}226$

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{50}{75{,}883}\right)^{3{,}226}\right] = 0{,}229224 \quad \text{.....(2.12.)}$$

Berikut merupakan kurva fungsi distribusi kumulatif.



Gambar 4.41 Kurva fungsi distribusi kumulatif FAN

3. Magnehelic

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi distribusi kumulatif.

Tabel 4.28 Fungsi distribusi kumulatif Magnehelic

No	t	F(t)
1	7	0,264721
2	9	0,297715
3	270	0,902091

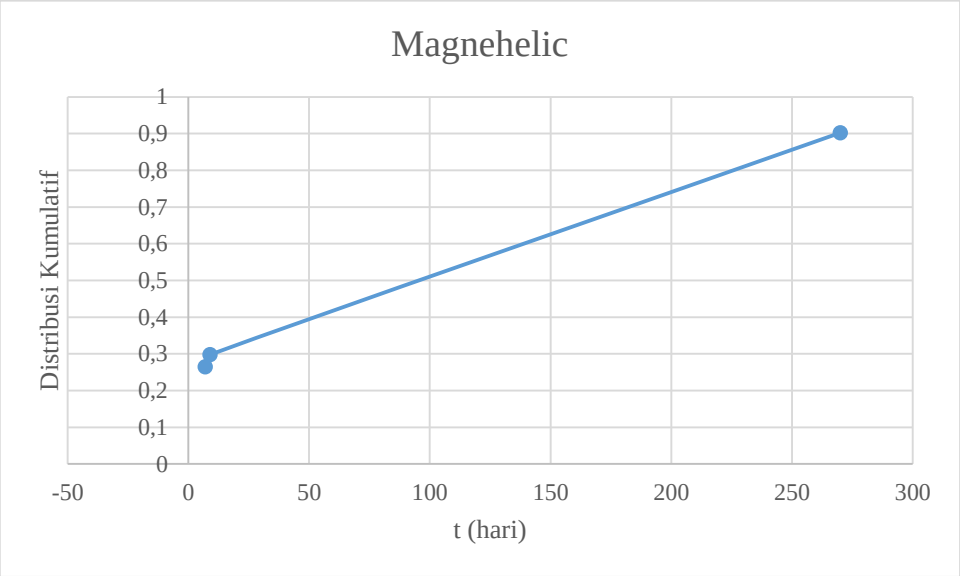
Contoh perhitungan t = 7, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 58{,}889$

$\beta = 0{,}554$

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{7}{58{,}889}\right)^{0{,}554}\right] = 0{,}264721 \quad \text{.....(2.12.)}$$

Berikut merupakan kurva fungsi distribusi kumulatif.



Gambar 4.42 Kurva fungsi distribusi kumulatif Magnehelic

4. Liquid Line Filter Drier

Tabel tersebut merupakan tabel perhitungan fungsi distribusi kumulatif.

Tabel 4.29 Fungsi distribusi kumulatif Liquid Line Filter Drier

No	t	F(t)
1	3	0,09572
2	12	0,261108
3	19	0,35332
4	31	0,474326
5	40	0,544967
6	88	0,770735
7	205	0,944048

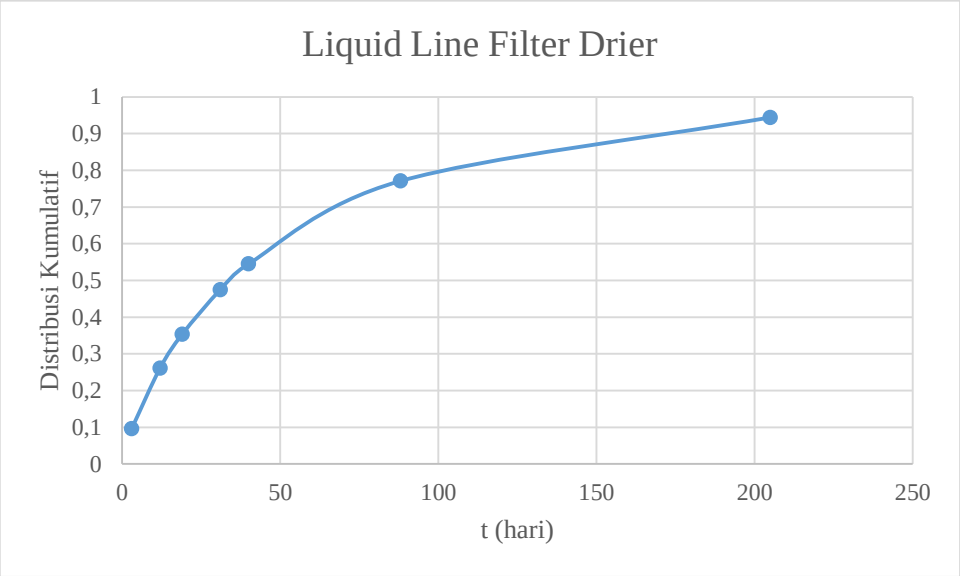
Contoh perhitungan t = 3, maka:

Jika diketahui : $\alpha = 54{,}046$

$\beta = 0{,}794$

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{3}{54{,}046}\right)^{0{,}794}\right] = 0{,}09572 \quad \text{(2.12.)}$$

Berikut merupakan kurva fungsi distribusi kumulatif.



Gambar 4.43 Kurva fungsi distribusi kumulatif Liquid Line Filter Drier

4.2.7 Perhitungan Selang Waktu dan Ongkos Penggantian Pencegahan

4.2.7.1 Model Penggantian Berdasarkan Umur Penggantian

Model penggantian berdasarkan umur penggantian atau disebut dengan metode *Age Replacement* ini bertujuan untuk mencegah komponen mengalami kerusakan, maka dapat dihitung berdasarkan umur komponen. Apabila suatu komponen mengalami kerusakan sebelum waktu umur komponen yang sudah ditentukan, maka komponen harus dilakukan penggantian. Berdasarkan hal tersebut, sehingga untuk mengetahui umur penggantian komponen yang optimal, maka diperlukan perhitungan C(Tp). Perhitungan C(Tp) diurutkan dari t terkecil hingga yang terbesar, sehingga ditemukan C(Tp) terkecil dan umur komponen yang paling optimal.

Berikut ini merupakan perhitungan umur komponen yang optimal berdasarkan perhitungan C(Tp), dapat dilihat sebagai berikut:

1. Miracle Flange

   Perhitungan C(Tp) model umur penggantian komponen Miracle Flange dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.30 Umur penggantian komponen Miracle Flange

t (hari)	R(t)	Cp.R(t)	Cf(1-R(t))	(t+tp).R(t)	t.f(t)dt	tf(1-R(t))	C(tp)
10	0,398	29739,494	46436,278	3,993	3,586	0,019	10025,460
11	0,370	27641,915	48605,979	4,082	3,704	0,020	9768,771
12	0,345	25725,782	50587,995	4,144	3,792	0,020	9592,246
13	0,321	23970,594	52403,532	4,182	3,854	0,021	9478,663
14	0,300	22358,985	54070,554	4,200	3,895	0,022	9415,948
15	**0,280**	**20876,084**	**55604,442**	**4,202**	**3,916**	**0,023**	**9395,409**
16	0,261	19509,045	57018,485	4,188	3,921	0,023	9410,661
17	0,244	18246,683	58324,250	4,161	3,912	0,024	9456,927
18	0,229	17079,200	59531,875	4,124	3,890	0,024	9530,593
19	0,214	15997,958	60650,294	4,077	3,858	0,025	9628,891
20	0,201	14995,306	61687,421	4,023	3,818	0,025	9749,693

Contoh perhitungan:

Jika diketahui : $\alpha = 11{,}093$

$\beta = 0{,}803$

a. R(t) $= \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right]$ ……(2.9.)

$= \exp[-(\frac{10}{11{,}093})^{0{,}803}] = 0{,}398$

b. Cp.R(t) $= 113124 \times 0{,}398 = 45077{,}644$

c. Cf(1-R(t)) $= 134936 \times (1 - 0{,}398) = 81166{,}420$

d. (t+tp).R(t) $= (10 + 0{,}17) \times 0{,}398 = 3{,}993$

e. t.f(t)dt $= \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] (t - 1)$ ……..(4.14.)

$= \exp\left[-\left(\frac{10}{11{,}093}\right)^{0{,}803}\right] (10 - 1) = 3{,}586$

f. tf(1-R(t)) $= 0{,}25 \times (1 - 0{,}398) = 0{,}019$

g. C(tp) $= \frac{Cp.R(t)+Cf.(1-R(t))}{(t+Tp).R(t)+\int_0^{tp} t.f(t).dt+Tf.(1-R(t))}$ ……(2.28.)

$= \frac{45077{,}644+ 81166{,}420}{3{,}993 + 3{,}586 + 0{,}019} = 16614{,}93$

2. FAN

Perhitungan C(Tp) model umur penggantian komponen FAN dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.31 Umur penggantian komponen FAN

t (hari)	R(t)	Cp.R(t)	Cf(1-R(t))	(t+tp).R(t)	t.f(t)dt	tf(1-R(t))	C(tp)
48	0,796	207154,312	52586,464	38,238	37,409	0,006	3433,289
49	0,784	203928,004	55780,962	38,426	37,610	0,007	3415,293
50	0,771	200605,556	59070,652	38,571	37,768	0,007	3401,303
51	0,758	197189,733	62452,796	38,672	37,883	0,008	3391,274
52	0,744	193683,630	65924,331	38,728	37,953	0,008	3385,180
53	**0,730**	**190090,666**	**69481,869**	**38,740**	**37,980**	**0,008**	**3383,011**
54	0,716	186414,581	73121,710	38,707	37,961	0,009	3384,776
55	0,702	182659,427	76839,839	38,629	37,898	0,009	3390,498
56	0,687	178829,562	80631,943	38,507	37,791	0,010	3400,218
57	0,672	174929,635	84493,418	38,339	37,639	0,010	3413,995
58	0,657	170964,579	88419,380	38,127	37,443	0,011	3431,903

3. Magnehelic

Perhitungan C(Tp) model umur penggantian komponen Magnehelic dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.32 Umur penggantian komponen Magnehelic

t (hari)	R(t)	Cp.R(t)	Cf(1-R(t))	(t+tp).R(t)	t.f(t)dt	tf(1-R(t))	C(tp)
167	0,168	217958,528	1077873,563	28,141	27,967	0,035	23081,009
168	0,167	216676,983	1079157,649	28,143	27,970	0,035	23078,953
169	0,167	215406,344	1080430,809	28,144	27,973	0,035	23077,358
170	0,166	214146,477	1081693,175	28,145	27,975	0,035	23076,218
171	0,165	212897,253	1082944,877	28,146	27,976	0,035	23075,525
172	**0,164**	**211658,545**	**1084186,042**	**28,146**	**27,977**	**0,035**	**23075,273**
173	0,163	210430,225	1085416,798	28,145	27,977	0,035	23075,456
174	0,162	209212,171	1086637,268	28,144	27,977	0,035	23076,068
175	0,161	208004,261	1087847,575	28,142	27,976	0,035	23077,103
176	0,160	206806,375	1089047,837	28,140	27,975	0,035	23078,555
177	0,159	205618,394	1090238,174	28,137	27,973	0,035	23080,418

4. Liquid Line Filter Drier

   Perhitungan C(Tp) model umur penggantian komponen Liquid Line Filter Drier dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.33 Umur penggantian komponen Liquid Line Filter Drier

t (hari)	R(t)	Cp.R(t)	Cf(1-R(t))	(t+tp).R(t)	t.f(t)dt	tf(1-R(t))	C(tp)
67	0,305	48946,861	114882,326	20,475	20,157	0,043	4027,654
68	0,301	48264,470	115586,570	20,491	20,177	0,044	4024,619
69	0,297	47593,610	116278,912	20,503	20,194	0,044	4022,290
70	0,293	46934,031	116959,613	20,512	20,207	0,044	4020,641
71	0,289	46285,489	117628,924	20,517	20,216	0,044	4019,651
72	**0,285**	**45647,745**	**118287,090**	**20,519**	**20,223**	**0,045**	**4019,299**
73	0,281	45020,572	118934,348	20,518	20,226	0,045	4019,564
74	0,277	44403,744	119570,929	20,514	20,226	0,045	4020,430
75	0,273	43797,044	120197,057	20,507	20,223	0,045	4021,877
76	0,270	43200,262	120812,950	20,497	20,217	0,046	4023,890
77	0,266	42613,192	121418,820	20,485	20,208	0,046	4026,452