

MINIATUR SISTEM TRANSFER FLEKSIBEL DENGAN PENGENDALIAN TERDISTRIBUSI MENGUNAKAN PLC

Yatna Yuwana Martawirya⁽¹⁾, Akhmad Hery Kusuma⁽¹⁾,
Yohanes Kurnia Pamungkas⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratorium Teknik Produksi, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITB
Telp. (022) 250 0933, Fax. (022) 251 2817

E-mail:

yatna@tekprod.ms.itb.ac.id

cecep@tekprod.ms.itb.ac.id

penta@tekprod.ms.itb.ac.id

Ringkasan

Penelitian ini bertujuan untuk membuat miniatur modul Sistem Transfer Fleksibel (STF). STF merupakan alternatif solusi bagi sistem transportasi di lingkungan sistem produksi maju, yang mensyaratkan fleksibilitas bagi elemen-elemen penyusunnya. Fleksibilitas yang diharapkan dapat dipenuhi oleh STF adalah: fleksibilitas rute transportasi dan kemampuan untuk dikembangkan lebih lanjut di masa datang. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dirancang pengendalian STF secara terdistribusi dan setiap sistem pengendali mempunyai otonomi untuk melakukan pengambilan keputusan berdasarkan status yang dimilikinya. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan miniatur STF yang meliputi modul sistem mekanik, pengendali tingkat pelaksana (executor), dan pengendali koordinator (manager), serta telah berhasil dilakukan komunikasi antar pengendali yang terdistribusi.

Abstract

The objective of the present research is to develop a miniature of a module of the Flexible Transfer System (STF). STF is the alternative solution of system transportation in advance manufacturing system environment which considered flexible on its components. The flexibility that can be fulfilled by STF is the flexibility in a route of transportation and the ability to be developed in the future. For these purposes, the control architecture of STF is designed to be distributed and each of the controllers has autonomy to carry out decision making based on its condition. At this research a miniature of STF that consists of a mechanical system module, an executor controller, and a manager controller has been developed, and the communication among the distributed controllers has been carried out and successfully.

Keywords: manufacturing system, distributed controller, flexible transfer system

1. PENDAHULUAN

Kondisi pasar yang fluktuatif, penuh kompetisi, serta tuntutan konsumen akan produk yang lebih baik dengan waktu pengiriman yang semakin pendek, mendorong sistem produksi untuk meningkatkan kemampuannya beradaptasi dengan berbagai bentuk perubahan kondisi produksi yang dinamik. Dengan kata lain sistem produksi harus mempunyai fleksibilitas yang lebih tinggi dalam melakukan operasi produksi. Fleksibilitas tersebut diperoleh melalui integrasi elemen-elemen penyusun sistem produksi, yang meliputi : stasiun pengerjaan, sistem transportasi dan penyimpanan material, sistem pengendali dan sebagainya[1].

Sistem transportasi material memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja sistem produksi secara keseluruhan. Aktivitas yang dilakukan oleh sistem transportasi material meliputi: perpindahan benda kerja dari gudang ke stasiun pengerjaan, transportasi benda kerja antar stasiun pengerjaan, penyimpanan produk akhir, pembuangan material sisa, transportasi perkakas potong, dan sebagainya. Untuk menjamin kelangsungan proses produksi maka material atau perkakas harus ditransportasikan secara aman, efisien, tepat waktu, akurat, dan tidak mengakibatkan kerusakan pada fasilitas yang dilaluinya. Kebutuhan tersebut dapat dipenuhi dengan melaksanakan pengontrolan aliran material yang aktivitasnya meliputi: identifikasi material, perencanaan

rute transportasi, pembuatan jadwal transportasi, serta pembuatan urutan operasi transportasi yang mengikuti algoritma tertentu. Untuk memperoleh alternatif sistem transportasi material yang sesuai bagi lingkungan sistem produksi maju, maka pada makalah ini akan dibahas hal-hal berikut yang berhubungan dengan penelitian yang telah dilakukan: konsep Sistem Transfer Fleksibel (STF), struktur sistem pengendali STF, dan penggunaan PLC sebagai unit pengendali terdistribusi pada STF.

2. KONSEP SISTEM TRANSFER FLEKSIBEL (STF)

Agar dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan sistem produksi maju, maka sistem penanganan material harus dapat beradaptasi dengan berbagai bentuk perubahan kondisi yang ditimbulkan oleh faktor internal maupun eksternal. Untuk memenuhi berbagai kebutuhan, sistem transportasi material yang akan digunakan untuk melayani sistem produksi maju harus memiliki karakteristik atau kemampuan berikut [2]:

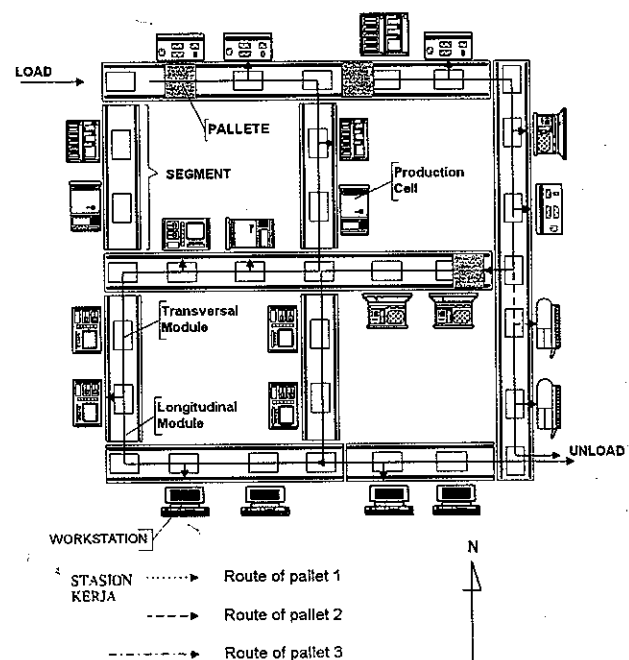
1. Fleksibilitas rute transportasi material untuk memenuhi kebutuhan perpindahan material ke seluruh sel produksi yang merupakan syarat bagi fleksibilitas urutan pengerjaan produk serta utilisasi penggunaan sel produksi secara maksimal.
2. Sistem modular yang memungkinkan pengembangan sistem transportasi secara mudah di masa yang akan datang.
3. Menggunakan sistem sirkulasi palet untuk menangani perpindahan berbagai varian produk antar sel produksi.
4. Mampu melakukan operasi transportasi material secara asinkron, untuk meningkatkan independensi antar operasi transportasi.
5. Sistem pengendalian yang terdistribusi dengan tingkat otonomi yang tinggi, agar mampu menangani operasi transportasi serta manajemen sistem transportasi yang kompleks.

Secara umum peralatan yang digunakan sebagai sarana transportasi material dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu: tipe jalur transportasi bebas (*free-path*), jalur transportasi tetap (*fixed path*), dan tipe statik. Peralatan tipe jalur transportasi bebas memiliki keleluasaan yang tinggi dalam pemilihan arah gerakan. Oleh karena itu peralatan tipe ini biasanya dilengkapi dengan sistem kemudi untuk mengendalikan arah gerakan. Peralatan yang termasuk ke dalam kategori ini antara lain: *hand truck*, *forklift*, AGV (*Automated Guided Vehicle*), dll. Sedangkan peralatan yang diklasifikasikan ke dalam tipe jalur transportasi tetap adalah peralatan yang perpindahannya mengikuti jalur tertentu, seperti rel atau kabel pembimbing dan tidak dapat bergerak diluar jalur yang telah ditentukan. AGV merupakan salah satu contoh peralatan tipe ini. Sarana transportasi material tipe statik merupakan peralatan yang memiliki posisi

yang tetap dan memiliki mekanisme untuk menggerakkan material dari satu titik ke titik lain pada struktur alat tersebut. Peralatan yang termasuk ke dalam tipe ini salah satunya adalah konveyor[3].

Dari alternatif yang ada, konveyor dan AGV merupakan kandidat yang paling sesuai sebagai sarana transportasi material utama pada sebuah sistem produksi maju, yang menuntut tingkat otomasi yang tinggi dari elemen-elemen penyusunnya. Ditinjau dari karakteristiknya, AGV memiliki fleksibilitas pemilihan rute transportasi yang cukup tinggi. Namun penugasan AGV untuk melayani satu pekerjaan transportasi material pada rentang waktu tertentu yang secara serial, merupakan sesuatu yang tidak menguntungkan jika dibandingkan dengan modal yang diinvestasikan untuk sistem tersebut. Di sisi lain, konveyor memiliki kemampuan untuk melakukan pemindahan material dalam jumlah besar serta biaya instalasi relatif lebih murah dibandingkan dengan sistem AGV. Namun sistem konveyor konvensional yang banyak digunakan oleh industri, tidak memiliki fleksibilitas dan modularitas yang memadai untuk melayani sebuah sistem produksi maju. Berdasarkan tinjauan tersebut maka diajukan sebuah konsep Sistem Transfer Fleksibel (STF), yang pada dasarnya merupakan pengembangan sistem konveyor konvensional yang telah ada[1].

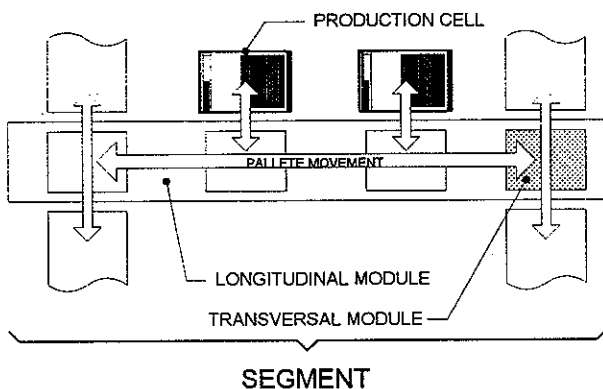
STF merupakan sarana penanganan material yang bertujuan menggabungkan karakteristik positif yang dimiliki oleh AGV dan konveyor. Sebuah STF didesain secara modular dengan cara menyusun segmen-segmen konveyor, yang diletakkan dengan orientasi tertentu dalam ruang, lihat Gambar 1. Setiap segmen menyediakan rute transportasi yang membentuk sebuah



Gambar 1 Konfigurasi fisik STF

garis lurus dalam ruang. Operasi transportasi yang dibutuhkan oleh sistem produksi dapat dipenuhi dengan mengatur peletakan segmen-segmen tersebut. Dengan demikian STF dapat digunakan untuk melayani berbagai *layout* sistem transportasi yang dibutuhkan oleh sistem produksi maju.

Sebuah segmen STF dapat disusun oleh beberapa modul dasar yang secara garis besar diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu: modul transversal dan modul longitudinal seperti tampak pada Gambar 2. Modul longitudinal merupakan sebuah konveyor yang memberikan arah gerakan utama pada operasi transportasi (selanjutnya disebut arah gerak Utara-Selatan atau Timur-Barat). Sedangkan modul transversal berfungsi untuk menghasilkan modus operasi transportasi dalam arah tegak lurus, relatif terhadap arah gerakan utama.



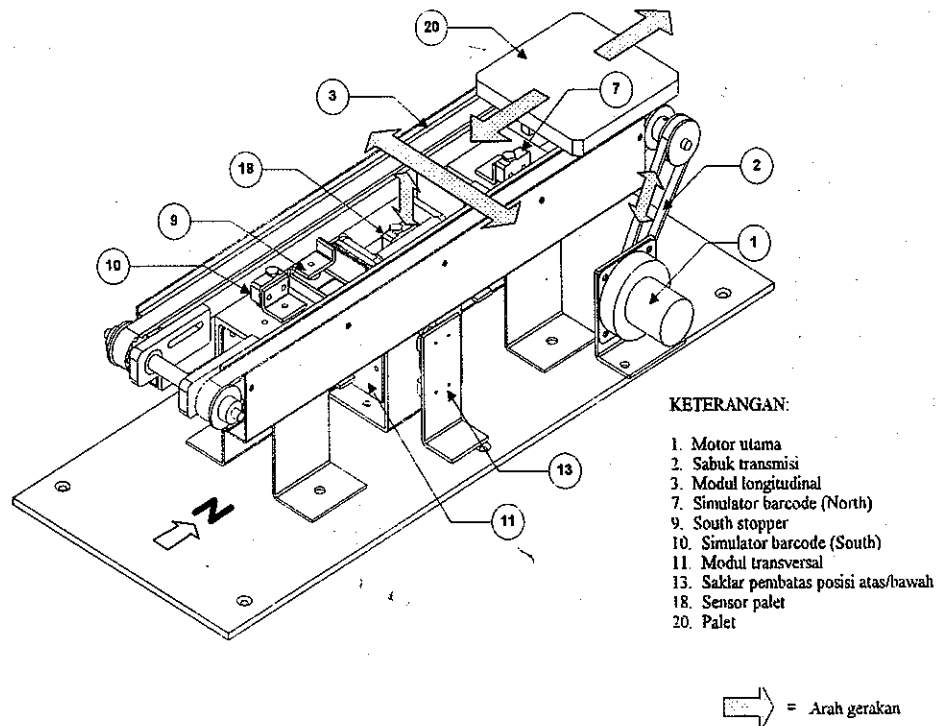
Gambar 2 Skema segmen dan arah perpindahan yang mungkin bagi palet

3. MINIATUR SISTEM MEKANIK STF

Tujuan pembuatan miniatur STF adalah sebagai sarana visualisasi modus kerja yang harus dipenuhi oleh STF, serta sebagai alat untuk mempermudah pengujian logika yang digunakan oleh sistem pengendali STF.

Mekanisme yang diusulkan untuk miniatur FTS dapat dilihat pada Gambar 3, 4 dan 5. Miniatur STF yang telah dibuat terdiri atas dua komponen utama yaitu modul longitudinal (3) dan modul transversal (11). Modul longitudinal diasumsikan diletakkan pada posisi Utara - Selatan, sehingga gerakan mekanisme dalam arah ini dianggap transportasi utama. Modul transversal akan menghasilkan gerak transportasi tambahan (Timur-Barat) yang arahnya tegak lurus terhadap arah transportasi utama. Kedua gerakan transportasi tersebut kemudian digunakan untuk mentransportasikan palet (20) dalam berbagai arah, yang merupakan kombinasi dari gerak transportasi utama dan gerak transportasi tambahan.

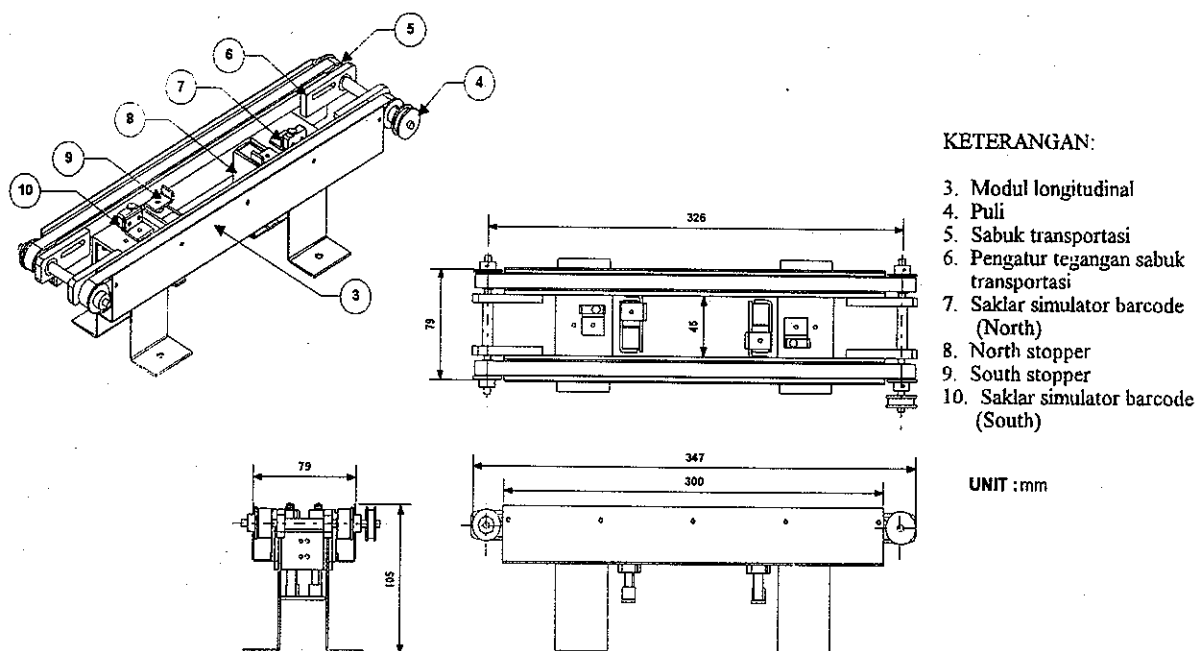
Transportasi utama pada modul longitudinal dilakukan oleh gerak translasi sabuk (5), yang dihubungkan dengan sebuah motor DC (1), melalui suatu sistem transmisi (2) (4). Motor (1) tersebut dapat digerakkan dalam dua arah, sehingga sabuk dapat dapat memindahkan palet dari Utara ke Selatan atau sebaliknya. Untuk menggerakkan palet dalam arah Timur-Barat atau sebaliknya, gerakan palet harus dihentikan terlebih dahulu agar dapat diposisikan dengan baik di atas roller modul transversal (17). Hal ini dilakukan dengan menggunakan sebuah *stopper*. Pada miniatur ini terdapat dua buah *stopper*. *Stopper* (7) akan menghentikan palet yang datang dari Selatan, sedangkan *stopper* (9) digunakan untuk



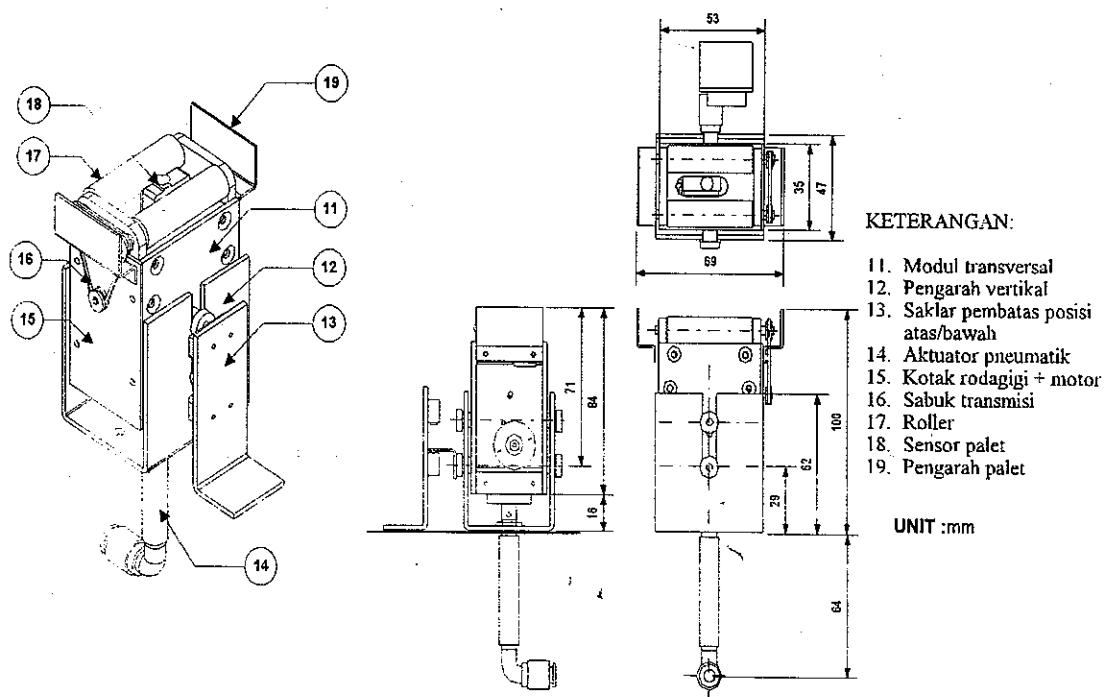
Gambar 3 Miniatur mekanisme STF

menghentikan palet dari arah Utara. Sesaat setelah palet dihentikan, aktuator pneumatik (14) akan menggerakkan modul transversal (11) dalam arah vertikal dan mengangkat palet yang sudah diposisikan oleh stopper. Pada saat modul transversal mencapai titik mati atas, sistem motor & gear box (15) akan menggerakkan roller (17) melalui sistem transmisi (16). Apabila palet sudah dipindahkan dari modul transversal, maka modul transversal kembali ke posisi semula dan siap untuk melakukan operasi berikutnya.

Pengintegrasian beberapa buah modul transversal pada sebuah modul longitudinal, akan membentuk sebuah segmen, seperti tampak pada Gambar 2. Segmen-segmen inilah yang kemudian akan membangun jaringan transportasi pada sebuah sistem produksi. Untuk membangun model yang mendekati kondisi yang sebenarnya membutuhkan waktu dan biaya yang tidak sedikit, oleh karena itu pada miniatur ini dibuat sebuah segmen yang hanya terdiri dari sebuah modul longitudinal dan sebuah modul transversal.



Gambar 4 Modul longitudinal pada miniatur STF (ukuran bukan dalam skala sebenarnya)



Gambar 5 Modul transversal pada miniatur STF (ukuran bukan dalam skala sebenarnya)

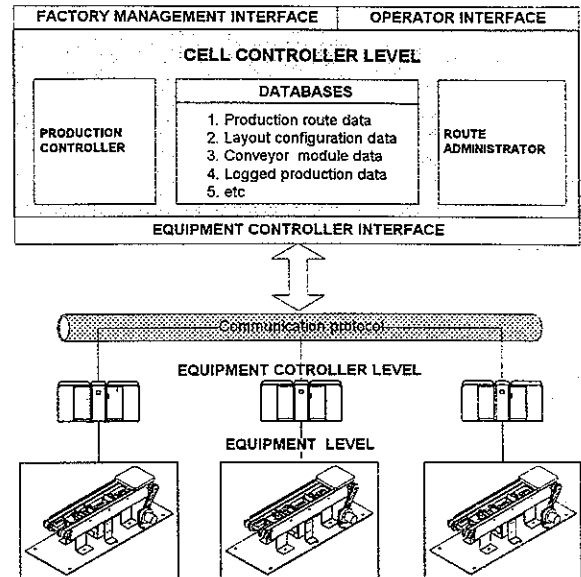
4. STRUKTUR SISTEM PENGENDALI STF

STF dirancang dilengkapi dengan sistem pengendali terdistribusi yang bertugas mengkoordinasikan aktifitas transportasi secara menyeluruh. Sistem pengendali tersebut menyediakan informasi tentang tata-letak STF, status tiap modul, serta jadwal aktifitas transportasi yang harus dilakukan. Informasi tersebut kemudian digunakan sebagai dasar pendistribusian fungsi kontrol pada setiap modul, sehingga sistem secara keseluruhan dapat beradaptasi dengan perubahan aktifitas yang terjadi. Dengan bantuan sistem kontrol yang mampu berkomunikasi dengan sarana pengolah data transportasi, apabila suatu saat konfigurasi STF diubah, maka fungsi kontrol untuk modul-modul yang mengalami modifikasi tersebut akan dapat beradaptasi dengan cepat sehingga operasi transportasi yang harus dijalankan oleh STF tidak terganggu.

Pengendali terdistribusi STF dirancang untuk diintegrasikan dengan sistem pengendali proses produksi sehingga memungkinkan penyusunan berbagai kombinasi urutan operasi pengerjaan oleh sistem transportasi. Dengan demikian kemampuan sistem manufaktur untuk melakukan pemrosesan berbagai macam volume dan varian produk akan dapat ditingkatkan. Selain itu, sistem pengendali cerdas pada STF juga memiliki kemampuan mendukung pemilihan rute dinamik untuk aktifitas transportasi, sehingga aktifitas tersebut dapat dijamin keterlaksanaannya walaupun terjadi perubahan rencana produksi.

Elemen-elemen yang dibutuhkan untuk melaksanakan aktivitas pengendalian transportasi material, digambarkan secara skematis pada Gambar 6. Pada gambar tersebut, ditunjukkan bahwa aktivitas transportasi pada STF dikendalikan oleh dua lapis sistem kendali yaitu pengendali sel dan pengendali peralatan. Tugas pengendali sel (*cell controller level*) adalah melakukan pengambilan keputusan yang berhubungan dengan koordinasi rute transportasi, sedangkan lapisan pengendali peralatan (*equipment controller level*) bertugas menentukan urutan operasi peralatan transportasi, sesuai dengan hasil koordinasi rute transportasi, sehingga material dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat yang lain dengan benar.

Lapisan pengendali sel disusun oleh perangkat lunak Pengendali Operasi Produksi (*Production Controller*) dan Administrator Rute Transportasi (*Route Administrator*). Untuk melakukan pengendalian rute transportasi, informasi yang dibutuhkan oleh kedua perangkat lunak tersebut meliputi: data urutan perpindahan benda kerja antar sel produksi, data layout fasilitas transportasi, serta status terakhir dari fasilitas transportasi. Data tersebut disimpan dalam bentuk basis data yang dapat diakses oleh kedua perangkat lunak yang digunakan, dan merupakan data terbaru yang merepresentasikan kondisi sebenarnya



Gambar 6 Arsitektur pengendali STF

(saat ini) dari lapisan peralatan (*equipment level*).

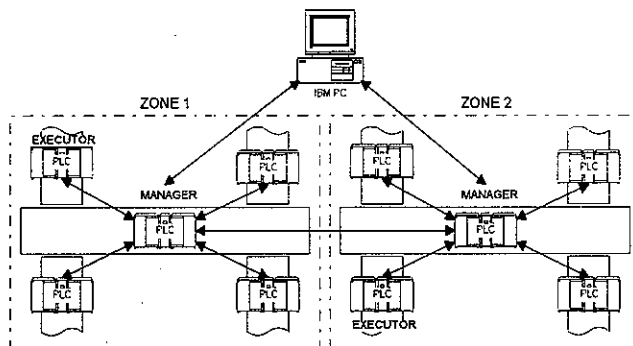
Berkaitan dengan sifat modular yang harus dimiliki oleh sistem transportasi, elemen-elemen pengendali dituntut untuk memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kebutuhan aktivitas pengendalian di masa yang akan datang. Kebutuhan tersebut dapat dipenuhi dengan mengadopsi paradigma pemrograman berorientasi obyek untuk perangkat lunak Pengendali Operasi Produksi serta Administrator Rute Transportasi[4]. Sedangkan untuk lapisan pengendali peralatan (*Equipment Controller Level*), digunakan *Programmable Logic Controller* (PLC), yang sudah terbukti andal dan memang didesain secara modular untuk memenuhi kebutuhan kontrol di industri[5].

Untuk memudahkan pengolahan informasi aktivitas transportasi, STF dibagi menjadi beberapa zone/area. Setiap zone terdiri dari beberapa buah segmen yang saling berhubungan. Pada setiap zone terdapat sebuah PLC yang bertugas mengkoordinasikan aktivitas perpindahan material antar segmen pada zone tersebut. Koordinasi operasi transportasi material antar zone dilakukan dengan mekanisme negosiasi antar pengendali zone. Jika operasi tersebut dapat dilakukan, maka manajer dari setiap zone akan mendelegasikan pengendalian operasi transportasi pada PLC lain (PLC pelaksana), yang akan menangani perpindahan material secara langsung. Hal ini dibahas lebih rinci pada bagian berikut.

5. PENGGUNAAN PLC SEBAGAI UNIT PENGENDALI TERDISTRIBUSI PADA STF

Pada penelitian ini, pengendali yang dibuat hanya meliputi pengendali peralatan yang secara fisik terdiri dari dua buah PLC. Dalam rancangan arsitektur pengendali STF, PLC dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

PLC yang berperan sebagai koordinator (*manager*) dan PLC yang berperan sebagai pelaksana (*executor*). Posisi kedua jenis PLC tersebut dalam sistem pengendalian, dapat dilihat seperti pada Gambar 7. Pada gambar tersebut, PLC *manager* bertugas mengelola operasi transportasi dalam sebuah zone. Untuk melakukan tugas tersebut maka PLC *manager* diberi kemampuan untuk menerima dan mengolah data operasi transportasi dari pengendali lain (perangkat lunak pengendali rute transportasi, PLC *manager*, PLC *worker*). Berdasarkan data yang diterimanya, PLC *manager* akan melakukan koordinasi dengan PLC pelaksana (*executor*) yang berada pada zone yang sama atau PLC *manager* yang bertugas mengelola zone lain. Berbeda dengan PLC *manager*, PLC pelaksana (*executor*) hanya dapat berkomunikasi dan melaksanakan tugas yang diberikan oleh PLC *manager*.



Gambar 7 Koordinasi operasi transportasi antar segmen dan antar zone

Pada kondisi tertentu, konfigurasi seperti yang digambarkan pada Gambar 7 menjadi tidak efisien karena membutuhkan jumlah PLC yang relatif banyak. Untuk mengatasi hal ini, sebuah PLC dapat difungsikan sebagai *manager* dan sekaligus sebagai pelaksana untuk segmen-segmen pada sebuah zone. Dalam kondisi seperti itu fungsi pelaksana dapat dilaksanakan dengan menyediakan lokasi khusus pada memori PLC *manager*, guna mencatat aktivitas pada segmen tertentu.

Dalam menangani operasi STF secara otonom dan terdistribusi, penggunaan PLC dibatasi oleh spesifikasi teknis serta program yang tersimpan di dalam memorinya. Program pengendali STF yang dieksekusi oleh PLC pada intinya melaksanakan fungsi-fungsi berikut:

- komunikasi dengan pengendali yang terletak pada lapisan yang lebih tinggi atau pengendali pada lapisan yang sama,
- pengendalian urutan operasi transportasi,
- koordinasi operasi transfer material.

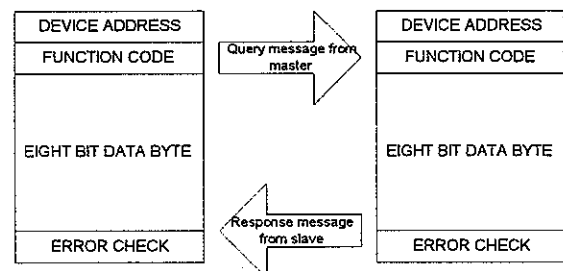
Berikut akan dijelaskan masing-masing fungsi tersebut.

5.1. Komunikasi antar Pengendali STF

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk melaksanakan

komunikasi pada komponen pengendali digital adalah media transmisi sinyal dan protokol yang digunakan untuk menterjemahkan sinyal yang dipertukarkan pada media transmisi. Pemilihan media transmisi serta protokol tersebut ditentukan berdasarkan kebutuhan kecepatan transfer data, kapabilitas PLC, serta kompatibilitas antar pengendali. Untuk keperluan pengujian sistem STF, di Lab. Teknik Produksi, Jurusan Teknik Mesin FTI - ITB, telah dibuat sebuah model yang menggunakan sarana komunikasi serial, yang mengikuti standar komunikasi serial RS-485 dan menggunakan protokol ModBus (Schneider).

Protokol ModBus bekerja berdasarkan prinsip *Master/Slave* yang pada aktivitas komunikasi di sebuah jaringan dikendalikan oleh sebuah PLC/PC yang berperan sebagai *Master*. Struktur protokol ModBus dapat diperlihatkan seperti pada Gambar 8. Pada gambar tersebut setiap rangkaian pesan (*message frame*) diawali oleh bagian (*field*) yang berisi alamat Modbus. Bagian ini berfungsi untuk mengidentifikasi PLC yang harus menerima sebuah rangkaian pesan. Bagian kedua adalah *function code* yang merupakan informasi bagi PLC penerima, tentang jenis data yang akan diterimanya. Berdasarkan *function code* tersebut, sebuah pesan yang diterima akan direspon oleh PLC dengan tindakan tertentu.



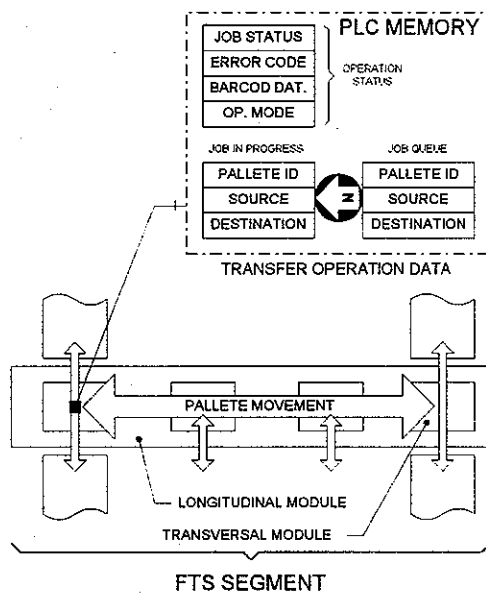
Gambar 8 Struktur pesan (*message frame*), serta mekanisme komunikasi pada protokol ModBus melalui hubungan *master/slave*.

Untuk menjamin agar data yang dikirimkan merupakan data yang benar, maka dilakukan mekanisme identifikasi kesalahan akibat transmisi data. Hal ini dilakukan dengan cara menerapkan metode *parity checking* dan *frame checking*. Metode *parity checking* dimaksudkan untuk memastikan jumlah bit 1 atau 0 dalam satu byte data, sedangkan *frame checking* bertujuan memastikan konsistensi data dalam satu rangkaian pesan.

5.2. Pengendali Sekuen Operasi Transportasi

Untuk memudahkan koordinasi pengambilan keputusan operasi transportasi, maka status setiap modul longitudinal dan modul transversal dicatat pada lokasi tertentu pada memori PLC pengendali segmen. Operasi transportasi pada STF, pada dasarnya dilakukan dari titik ke titik, dimana setiap titik berupa sebuah modul transversal. Oleh karena itu data operasi transportasi

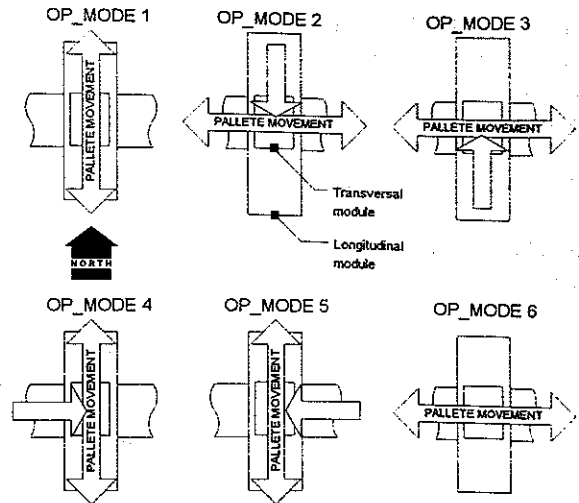
tersebut dikirimkan dalam bentuk penugasan operasi transportasi pada modul transversal. Data yang dikirimkan tersebut meliputi: a) alamat modul longitudinal, b) alamat modul transversal, c) ID palet yang harus ditransfer, d) arah asal (*source*) palet, dan 5) arah tujuan (*destination*) palet. Dua data pertama merupakan informasi yang digunakan untuk menempatkan data berikutnya pada memori PLC. Tiga data terakhir inilah yang kemudian disimpan pada memori PLC, untuk mengendalikan sekuen operasi transportasi palet. Selain itu, disediakan pula ruang untuk menyimpan data antrian operasi transportasi serta area yang digunakan sebagai data terakhir yang menerangkan status operasi yang sedang dijalankan oleh modul transversal. Hal ini diilustrasikan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9 Alokasi memori untuk penugasan operasi transportasi

Pada setiap modul transversal, terdapat enam buah modus operasi yang ditentukan berdasarkan arah asal palet pada saat memasuki sebuah modul. Pada dasarnya eksekusi setiap modus operasi tersebut dilakukan berdasarkan data asal gerakan palet serta status sensor pada saluran input. Berdasarkan kedua informasi tersebut program PLC akan menentukan urutan pengaktifan aktuator yang diperlukan untuk memindahkan palet ke arah tujuan yang telah ditentukan oleh data operasi transportasi. Kaitan antara modus operasi dengan operasi transportasi harus dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 10.

Sebagai contoh, modus operasi kedua (OP_MODE 2) adalah perpindahan palet dari Utara ke Barat atau dari Utara ke Timur. Pada modus operasi ini, palet akan mengaktifkan stopper di sebelah Selatan modul transversal (9), lihat kembali Gambar 3, 4, dan 5, sesaat setelah palet melalui *limit switch* (7). Palet akan terus bergerak memasuki area operasi modul transversal, hingga



Gambar 10 Kaitan antara informasi operasi transportasi dengan sekuen operasi transportasi.

gerakannya dihentikan oleh *stopper*. Palet memerlukan rentang waktu tertentu untuk bergerak dari posisi awal pengaktifan *switch* (7), hingga mencapai *stopper* (9). Untuk menjamin bahwa palet telah berada pada posisi yang benar, maka digunakan timer internal PLC (2,5 detik) sebagai penghitung waktu. Saat rentang waktu tersebut tercapai, aktuator pneumatik (14) akan menggerakkan modul transversal (11) dalam arah vertikal, hingga *limit switch* (13) di bagian atas teraktifkan. Pada saat *limit switch* tersebut aktif, pengendali manajer akan mengirimkan pesan kepada pengendali segmen yang akan menerima palet. Jika kemudian pengendali manajer menerima pesan balasan yang berisi informasi bahwa segmen tersebut dapat menerima palet, maka roller (17) akan digerakkan sesuai dengan arah transfer yang telah dijadwalkan. Setelah palet dipindahkan, yang diidentifikasi dengan memonitor status sensor (18), maka modul transversal akan dikembalikan ke posisi semula.

5.3. Koordinasi Operasi Transfer Material

Dalam satu rentang waktu tertentu, STF harus mampu melakukan beberapa aktivitas perpindahan material secara simultan. Masalah yang kemudian dihadapi adalah kemungkinan terjadi konflik antara operasi transportasi yang satu dengan lainnya, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan transportasi, mesin, maupun material yang akan ditransfer.

Untuk menghindari masalah yang mungkin timbul pada saat pelaksanaan operasi transportasi, maka harus dilakukan koordinasi operasi transfer material, yang meliputi: a) koordinasi operasi transfer antar modul transversal di dalam sebuah segmen (intra-segmen), b) koordinasi operasi transfer antar segmen dalam satu zone, dan c) koordinasi operasi transfer antar zone. Aktivitas dibidang ini sebagian besar dilaksanakan oleh pengendali

tingkat atas, berdasarkan status terbaru dari pengendali tingkat bawah. Dengan pemisahan aktivitas koordinasi tersebut diharapkan, setiap operasi transportasi dapat dilaksanakan dengan cepat dan akurat.

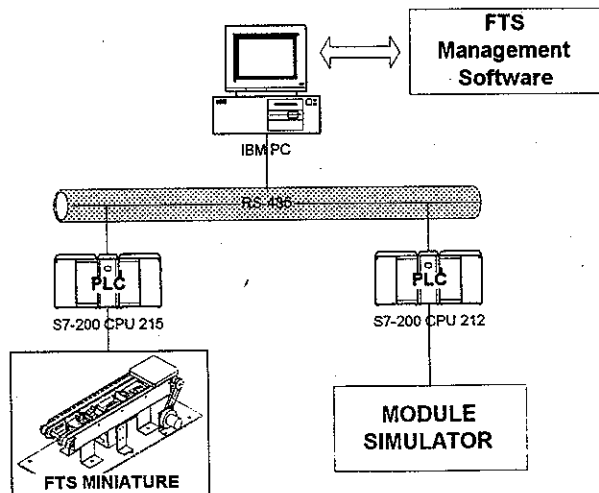
6. MINIATUR STF

Miniatur sistem mekanik STF yang telah dibuat diperlihatkan pada gambar (11).



Gambar 11 Miniatur modul sistem mekanik STF

Berdasarkan pertimbangan bahwa pembuatan model sistem seperti pada Gambar (7), membutuhkan biaya yang relatif mahal dan waktu yang tidak sedikit, maka model pengendalian miniatur STF oleh PLC dimodifikasi seperti diperlihatkan pada Gambar (12). Untuk memenuhi konfigurasi tersebut, digunakan dua buah PLC dari keluarga Siemens S7-200, CPU-215 dan CPU-212. CPU-215 digunakan untuk mengendalikan miniatur STF, dan memiliki kemampuan untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pengendali STF di lapisan yang lebih tinggi. Sedangkan CPU-212 digunakan untuk



Gambar 12 Struktur pengendali yang dibuat guna mengendalikan dan mensimulasikan kondisi kerja miniatur STF.

memodelkan mekanisme koordinasi antar pengontrol di lapisan pengendali peralatan.

7. PENUTUP

Miniatur modul STF telah berhasil dibuat dan dioperasikan dengan pengendalian secara terdistribusi menggunakan PLC. Hasil pengoperasian memperlihatkan bahwa komunikasi antar pengendali yang terdistribusi sudah dapat direalisasikan.

Pada penelitian tahap berikutnya perlu dilakukan pengintegrasian pengendali peralatan pada STF dengan sistem pengendali sel.

8. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih pada P.T. Siemens Indonesia yang telah menyumbangkan satu buah PLC (S7-200, CPU 212) kepada Lab. Teknik Produksi, Jurusan Teknik Mesin, FTI - ITB, dan telah meminjamkan satu buah PLC (S7-200, CPU 215) selama penelitian ini dilakukan.

9. DAFTAR PUSTAKA

1. Apple, James M., Material Handling Systems Design, Ronald Press Company, New York, (1972).
2. Cheng, Jacky C. K., Cheung, Edmund H. M., Dynamic Routing Facilitated by Flexible Conveyor System, Proceedings Pacific Conference on Manufacturing, Jakarta, 1994.
3. Groover, Mikell P., Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing, Prentice Hall, New York, (1987).
4. Martawirya, Y. Y., Sistem Produksi Lanjut: Pemodelan Dalam Sistem Produksi, Diktat Kuliah Jurusan Teknik Mesin - ITB, (1995).
5. Martawirya, Y. Y., Elementary Study on Autonomous Cell Controller System Based on Autonomous Distributed Manufacturing System, Prosiding Seminar CAD/CAM 97, Bandung, (1997).
6. Milberg, J., Koch, M.R., Autonomous Manufacturing Systems (Past, Present and Future of FMS), CIRP, (1993).
7. Shinno, H., Inaba, C., Tsuji, Y., Shima, Y., Design Methodology for Flexible Transfer Line of Asynchronous Pallette Transporting Type, Proceeding, Portugal, (1996).
8. Verweij, M. J., Zwegers, A. J. R., Analysis and Design of Production and Control Structures, Proceedings of 6th IFIP TC5/WG5.7 International Conference on Advances in Production Management System, Kyoto, (1996).
9. Warnock, Ian G., Programmable Controllers Operation and Application, Prentice Hall International Editions, UK, 1988.