

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengertian dan Kedudukan Kerja Praktik

Perusahaan atau instansi baik swasta maupun pemerintah merupakan dunia kerja nyata yang akan dihadapi oleh mahasiswa kelak setelah mereka menyelesaikan studinya dari suatu jenjang pendidikan tinggi. Bertitik tolak dari kondisi tersebut maka suatu lembaga penyelenggara pendidikan perlu memberikan suatu kesempatan kepada para mahasiswanya untuk mengenal lebih dekat dengan dunia kerja nyata tersebut dengan terjun langsung ke lapangan melalui kerja praktik.

Pada Jurusan Teknik Elektro Prodi D3 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Bandung, mata kuliah Kerja Praktik terdapat pada semester V. Setiap mahasiswa yang mengikuti kerja praktik diwajibkan mencari perusahaan untuk melaksanakan kerja praktik selama kurang lebih satu bulan. Tujuan dilaksanakannya kegiatan ini sesuai dengan pengertian kerja praktik itu sendiri yaitu sebagai salah satu kegiatan untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu secara teoritis yang telah didapat selama perkuliahan dan mengimplementasikannya ke dalam kegiatan di perusahaan yang telah ditentukan. Jenis perusahaan tidak ditentukan oleh jurusan, tetapi ditentukan oleh mahasiswa yang akan melakukan kerja praktik. Dalam kegiatan ini juga diharapkan dapat memupuk disiplin kerja dan profesionalisme dalam bekerja serta dapat mengenal dunia atau lingkungan kerja yang akan bermanfaat bagi mahasiswa setelah menyelesaikan perkuliahan. Selain itu, kerja praktik ini juga penting untuk diikuti oleh mahasiswa mengingat kebutuhan saat ini bukan hanya sekedar ilmu-ilmu yang sifatnya teoritis, melainkan juga diperlukan suatu kegiatan yang dapat menambah pengalaman yang akan didapat ketika melaksanakan kegiatan kerja praktik ini.

1.2 Tujuan Kerja Praktik

Adapun tujuan dilakukannya kerja praktik adalah sebagai berikut :

- a. Memenuhi syarat ketuntasan belajar dari mata kuliah kerja praktik semester V pada Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung.
- b. Menambah atau memberikkan keterampilan kepada mahasiswa selama Kerja Praktik.
- c. Menambah wawasan dan pengetahuan mahasiswa tentang dunia kerja dan hubungan dengan pendidikan/akademik sehingga nantinya dapat bermanfaat ketika mahasiswa tersebut memasuki dunia kerja.
- d. Untuk mengetahui sejauh mana kompetensi yang dimiliki dapat diimplementasikan di dunia kerja nyata.
- e. Mahasiswa dapat bersaing dalam dunia kerja.
- f. Mahasiswa diharapkan mendapat motivasi untuk belajar.

1.3 Target Keluaran Kerja Praktek

Kegiatan kerja praktek yang dilakukan mahasiswa program studi Elektronika, diharapkan memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang terkait, baik industri dalam peningkatan produksi dan pengabdian kepada masyarakat maupun mahasiswa itu sendiri dalam mengembangkan diri, menambah wawasan, menambah relasi, menjadi profesional dan siap bekerja.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistem penyusunan laporan ini dibagi menjadi beberapa BAB dimana setiap BAB membahas suatu permasalahan, setiap BAB tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa Sub BAB yang membahas tentang hal-hal yang pokok. Guna memperoleh gambaran umum mengenai permasalahan dan pembahasan dari penulisan ini. Maka penulis menyusun berdasarkan Sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi pengertian dan kedudukan kerja praktik, tujuan kerja praktik, target keluaran kerja praktik, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN

Berisi tentang gambaran umum perusahaan, sejarah singkat perusahaan, visi & misi perusahaan, strategi perusahaan, struktur organisasi perusahaan, deskripsi tugas direksi, bidang pekerjaan perusahaan, dan produk pasar & kompetensi perusahaan.

BAB III PEMBAHASAN

Berisi tentang penjelasan mengenai pelaksanaan kerja praktik di perusahaan dan materi yang dipelajari selama kerja praktik. Dalam hal ini yaitu arsitektur dari mikrokontroler MSP430G2231 yang digunakan pada KWH Meter digital produksi PT. INTI.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan laporan secara keseluruhan serta saran yang membangun untuk pengembangan yang lebih jauh lagi.

BAB II

TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. INTI (Persero) (Industri Telekomunikasi Indonesia) yang berlokasi di jalan Mochammad Toha no.77 Bandung merupakan perusahaan yang berkiprah di bidang Telekomunikasi. Fokus bisnis dari INTI tertuju pada kegiatan jasa *engineering* yang sesuai dengan spesifikasi dan permintaan konsumen, memaksimalkan nilai perusahaan serta mengupayakan *growth* (pertumbuhan) yang berkesinambungan, serta berperan sebagai *prime mover* (penggerak utama) bangkitnya industri dalam negeri.



Gambar 2.1 Logo PT. INTI (Persero)

2.2 Sejarah Singkat Perusahaan

Periode 1974 - 2004

Dari cikal bakal Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Industri Bidang Pos dan Telekomunikasi (LPPI-POSTEL), pada tanggal 30 Desember 1974 berdirilah PT. Industri Telekomunikasi Indonesia (INTI) sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dengan misi untuk menjadi basis dan tulang punggung pengembangan Sistem Telekomunikasi Nasional (SISTELNAS).

Seiring waktu dan berbagai dinamika yang harus diadaptasi, seperti perkembangan teknologi, regulasi, dan pasar maka selama lebih dari 30 tahun berkiprah dalam bidang telekomunikasi, INTI telah mengalami berbagai perubahan dan perkembangan.

Periode 1974 - 1984

Fasilitas produksi yang dimiliki PT. INTI pada saat itu adalah sebagai berikut:

- Pabrik Perakitan Telepon
- Pabrik Perakitan Peralatan Transmisi
- Laboratorium Software Komunikasi Data
- Pabrik Kontruksi dan Mekanik

Kerjasama teknologi yang pernah dilakukan pada era ini antara lain dengan Siemens, BTM, PRX, JRC, dan NEC. Pada era tersebut produk Pesawat Telepon Umum Koin (PTUK) INTI menjadi standar.

Periode 1984 - 1994

Fasilitas produksi terbaru yang dimiliki PT. INTI pada masa ini, disamping fasilitas-fasilitas yang sudah ada sebelumnya, antara lain Pabrik Sentral Telepon Digital Indonesia (STDI) dan *Surface Mounting Technology* (SMT).

Kerjasama Teknologi yang pernah dilakukan pada era ini antara lain :

- Bidang Sentral dengan Siemens
- Bidang Transmisi dengan Siemens NEC, dan JRC
- Bidang CPE dengan Siemens, BTM, Tamura, Shapura, dan Tatung TEL

Pada era ini, PT. INTI memiliki reputasi dan prestasi yang signifikan, yaitu :

- Menjadi pionir dalam proses digitalisasi sistem dan jaringan telekomunikasi Indonesia.
- Bersama Telkom telah berhasil dalam proyek otomatisasi telepon di hampir seluruh kecamatan di ibu kota seluruh wilayah Indonesia.

Periode 1994 – 2000

Selama 20 tahun sejak berdiri, kegiatan utama PT. INTI adalah murni manufaktur. Namun, dengan adanya perubahan dan perkembangan kebutuhan teknologi regulasi dan pasar, INTI mulai melakukan transisi ke bidang jasa *engineering*. Pada masa ini aktivitas manufaktur di bidang *switching*, transmisi, CPE, dan mekanik - plastik masih dilakukan. Namun situasi pasar yang berubah,

kompetisi yang makin ketat dan regulasi telekomunikasi yang semakin terbuka menjadikan posisi INTI di pasar bergeser. Kondisi ini mengharuskan INTI memiliki kemampuan *sales force* dan *networking* yang lebih baik.

Periode 2000 – 2004

Pada era ini kerja sama teknologi tidak lagi bersifat *single source* tetapi dilakukan dengan *multi source* dengan beberapa perusahaan multinasional dari Eropa dan Asia. Aktivitas manufaktur tidak lagi ditangani sendiri oleh INTI, tetapi secara *spin-off* dengan mendirikan anak –anak perusahaan dan usaha patungan, seperti :

- Bidang CPE, dibentuk anak perusahaan bernama PT. INTI PISMA International yang bekerjasama dengan Jtech International, bertempat di Cileungsi Bogor.
- Bidang mekanik dan Plastik, dibentuk usaha patungan dengan PT. PINDAD bernama PT. IPMS, berkedudukan di Bandung.
- Bidang-bidang *switching*, akses, dan transisi, dirintis kerja sama dengan beberapa perusahaan multinasional seperti SAGEM, MOTOROLA, ALCATEL, Ericson, dan Huawei.

Periode 2005 – sekarang

Dari serangkaian tahapan restruksi yang telah dilakukan, INTI kini memantapkan langkah transformasi mendasar dari kompetensi berbasis manufaktur ke *engineering solution*. Hal ini akan membentuk INTI menjadi semakin adaptif terhadap kemajuan teknologi dan karakteristik serta perilaku pasar. Dari pengalaman panjang INTI sebagai pendukung utama penyediaan infrastuktur telekomunikasi nasional dengan kompetensi sumber daya manusia terus diarahkan sesuai proses transformasi tersebut, saat ini INTI bertekad untuk menjadi mitra terpercaya di bidang penyediaan jasa profesional dan solusi total yang fokus pada *Infocom System and Technology Integration* (ISTI).

2.3 Visi dan Misi Perusahaan

VISI

“Menjadi Pilihan pertama bagi pelanggan dalam mentransformasikan “mimpi” menjadi “realita”. Dalam hal ini “mimpi” diartikan sebagai keinginan atau cita – cita bersama antara INTI dan pelanggannya dan lebih jauh lagi seluruh *stakeholder* perusahaan.

MISI

Berdasarkan rumusan visi perusahaan maka rumusan misi INTI terdiri dari tiga butir sebagai berikut :

- Fokus bisnis tertuju pada kegiatan jasa *engineering* yang sesuai dengan spesifikasi dan permintaan konsumen.
- Memaksimalkan *value* (nilai) perusahaan serta mengupayakan *growth* (pertumbuhan) yang berkesinambungan.
- Berperan sebagai *prime mover* (penggerak utama) bangkitnya industri dalam negeri.

2.4 Strategi Perusahaan

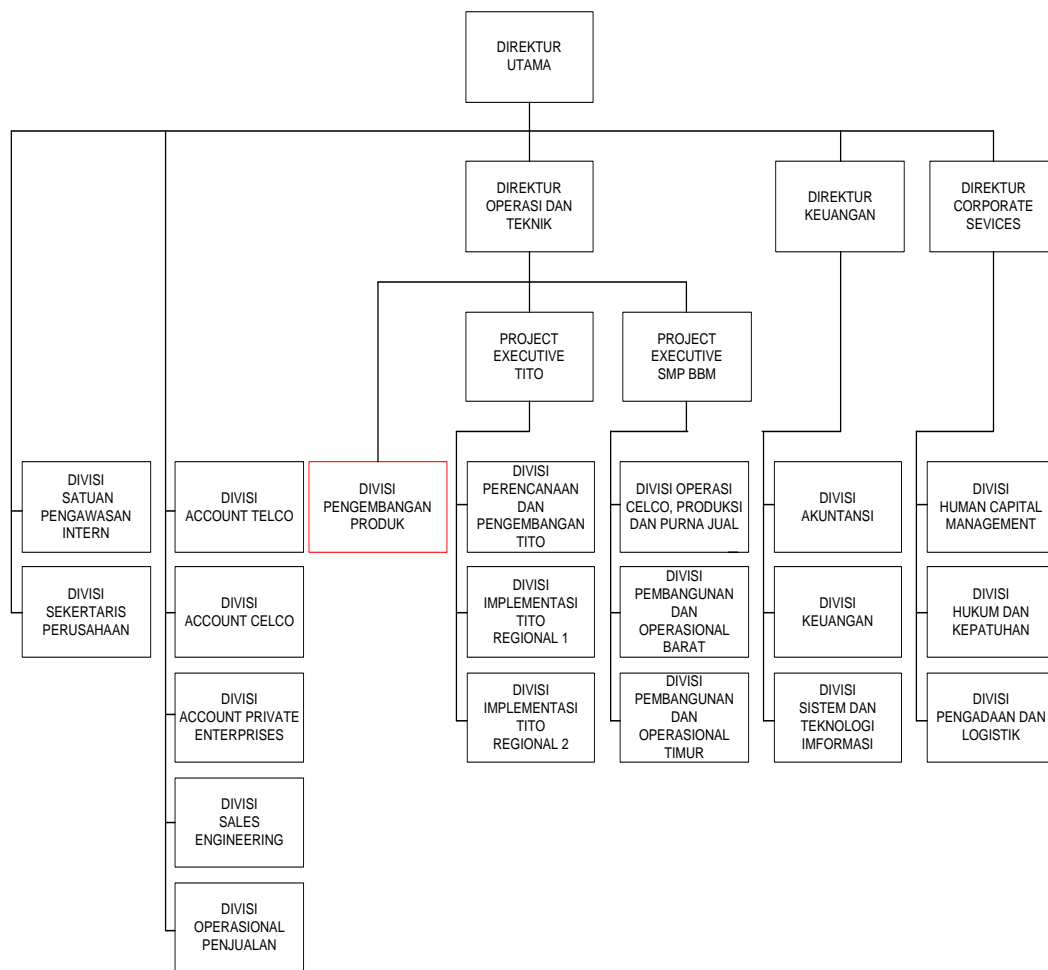
Strategi INTI dalam periode 2006-2010 difokuskan pada bidang jasa pelayanan infokom dengan penekanan pada pengembangan “*Infocom System & Technology Integration* (ISTI)”.

Bisnis INTI akan dipusatkan untuk memenuhi kebutuhan *customer* yang berbadan hukum. Jadi sifat bisnis yang akan dikembangkan INTI adalah bersifat “B to B” dan kurang ke “B to C”. Dengan demikian target utama pembeli atau pengguna produk atau jasa INTI adalah operator-operator jasa layanan telekomunikasi, badan-badan pemerintah, khususnya bidang pertahanan dan keamanan, dan perusaha-perusahaan baik swasta maupun BUMN.

2.5 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi sebagai bagian dari manajemen yang diperlukan oleh perusahaan. Dengan adanya struktur organisasi yang baik akan memudahkan para

karyawan maupun para pimpinan untuk mengetahui batas-batas tugas, wewenang dan tanggung jawab, serta hubungan kerja tiap-tiap personil tersebut. Struktur organisasi yang digunakan oleh PT. INTI (Persero) berdasarkan prinsip organisasi lini dan staf. Sejalan dengan intensi PT. INTI untuk lebih fokus pada jasa *engineering* dan lebih berpotensi ke pelanggan, maka INTI menyiapkan organisasinya sebagai berikut :



Gambar 2.2 Struktur organisasi PT. INTI (Persero)

2.6 Deskripsi Tugas Direksi

Direksi adalah dewan yang memimpin seluruh usaha operasi dalam menjalankan misi perusahaan untuk mencapai tujuan perusahaan dan kinerja

usaha yang menguntungkan, kepuasan pelanggan yang maksimal, serta tingkat pencapaian kinerja usaha setiap pengembangannya. Tugas pokok direksi :

- 1) Merumuskan sasaran, kebijakan strategi untuk pengembangan perusahaan dan rencana kerja serta anggaran perusahaan tahunan.
- 2) Membina SBU dan masing-masing Direktornya.
- 3) Mengawasi operasional SBU dan divisi masing-masing direktoratnya.
- 4) Menilai hasil kerja setiap unit serta menetapkan tindak lanjut pembinaan yang diperlukan untuk memecahkan masalah yang dihadapi.

Direksi terdiri dari :

2.6.1 Direktur Utama

Fungsi dari Direktur Utama adalah merencanakan, mengendalikan, dan mengkoordinasikan pelaksanaan kegiatan Direksi dalam pengelolaan perusahaan baik yang bersifat strategis, maupun operasional sesuai dengan fungsi Direksi, agar misi perusahaan dapat diemban dengan baik dan tujuan perusahaan dapat dicapai sesuai dengan ketentuan dalam Anggaran Dasar dan Keputusan-keputusan Rapat Umum Pemegang Saham. Direktur Utama mempunyai tugas dan tanggung jawab sebagai berikut :

- 1) Mengesahkan perumusan pokok-pokok kebijakan dan strategi umum perusahaan yang akan menjadi acuan dalam penyusunan kebijakan operasional dan strategi fungsi-fungsi organisasi perusahaan.
- 2) Mengkoordinasikan anggota Direksi yang lain sebagai suatu keterkaitan fungsional serta semangat yang kuat untuk memimpin unit-unit bawahan yang berada dibawah Direktur, masing-masing agar terbentuk integrasi antar Direktorat.
- 3) Mengerahkan dan mengawasi operasional unit struktur Pengawasan Intern, Divisi *Quality Assurance*, dan Kelompok Pengembangan Usaha.
- 4) Memimpin dan memberikan kepada seluruh pimpinan, serta mengkoordinasikan penyelesaian persoalan yang mempunyai keterkaitan multi Direktorat.

2.6.2 Direktur Keuangan

Fungsi Direktur Administrasi dan Keuangan adalah merencanakan, merumuskan, dan mengendalikan kebijakan umum di bidang keuangan serta sumber daya manusia dan organisasi. Direktur Administrasi dan Keuangan mempunyai tugas dan tanggung jawab sebagai berikut :

- 1) Merumuskan sasaran, kebijakan, dan strategi keuangan serta sumber daya manusia untuk pengembangan perusahaan dan rencana kerja dan anggaran perusahaan tahunan, yang mencakup :
 - a. Struktur modal efektif
 - b. Pengelolaan modal kerja.
 - c. Perencanaan keuangan, modal kerja, dan prosedur pengadaan modal yang efektif dan efisien.
 - d. Sistem akuntansi untuk perencanaan dan pertanggung jawaban keuangan perusahaan.
 - e. Pengembangan SDM dan organisasi
- 2) Membina divisi, khususnya aspek keuangan, sistem akuntansi, serta pembinaan SDM
- 3) Mengarahkan dan mengawasi kegiatan operasional Divisi Keuangan dan umum.
- 4) Menilai hasil kerja setiap unit serta menetapkan tindak lanjut pembinaan yang diperlukan untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapinya.

2.6.3 Direktur SDM & Umum

Jabatan ini dipegang oleh Asisten Manager (Asman) yang memiliki tugas diantaranya :

- 1) Menyusun rencana, mengarahkan, melaksanakan, dan mengevaluasi kegiatan Urusan Umum dan SDM.
- 2) Menerima SPPBJ.
- 3) Fungsi SDM- Perencanaan dan kebutuhan pegawai.
- 4) Mendokumentasikan dan mendistribusikan Risalah Rapat Koordinasi.

- 5) Secara aktif mengikuti pembahasan di Forum Komunikasi SDM dengan memberikan alternatif solusi yang baik berkenaan dengan Sistem SDM & Organisasi ke Bagian Bangbis SDM & organisasi.

2.6.4 Direktur Pemasaran

Tugas pokok Direktur Pemasaran adalah melaksanakan sebagian tugas pokok Direktur Utama dalam bidang pemasaran dan perlengkapan. Direktur pemasaran bertanggung jawab kepada Direktur Utama. Wewenang dan tanggung jawab Direktur Pemasaran adalah :

- 1) Memimpin Direktorat Pemasaran dan perencanaan, pengembangan, pelaksanaan, dan pengendalian pemasaran produk telekomunikasi, dan produk atau jasa lain yang relevan serta kemungkinan diversifikasi usaha untuk meningkatkan kinerja perusahaan.
- 2) Berwenang untuk memutuskan mengenai produk lini atau jasa yang akan dipasarkan dalam arti produk mana yang akan diperluas, produk yang ada atau produk baru.
- 3) Berwenang untuk menetapkan kebijaksanaan yang hendak diberikan pada langganan, menetapkan harga jual dan sistem penjualan, serta promosi.
- 4) Berwenang untuk memutuskan bagaimana memilih pemasok barang dan jasa yang diperlukan perusahaan.
- 5) Berwenang untuk mengkoordinasi kegiatan pembelian, produksi, dan penjualan.

2.6.5 Direktur Operasional dan Teknik

Fungsi dari Direktur Operasional dan Teknik adalah merencanakan, merumuskan pengembangan, penerapan teknologi, dan mengendalikan kebijakan umum Operasi dan Teknik yang selanjutnya menjadi acuan dalam penyusunan strategi. Direktur Operasional dan Teknik mempunyai tugas dan tanggung jawab sebagai berikut:

- 1) Merumuskan sasaran, kebijakan dan strategi operasional dan teknik untuk pengembangan dan rencana kerja perusahaan tahunan, mengendalikan

kebijakan umum di bidang penelitian, pengembangan dan penerapan teknologi yang mencakup:

- a) Kemampuan produksi untuk memenuhi permintaan pasar.
 - b) Fasilitas peralatan dan permesinan yang efektif dan efisien.
 - c) Pengelolaan sistem pengendalian persediaan yang efektif dan efisien.
 - d) Pengelolaan sistem pengadaan bahan baku dan sub-perakitan yang efektif dan efisien.
 - e) Pengelolaan biaya operasional.
 - f) Peningkatan keandalan produksi dan Mutu *Sourching*.
 - g) Peramalan teknologi yang efektif yang akan diterapkan.
 - h) Peningkatan kemampuan pengembangan produk yang sudah ada.
 - i) Peningkatan kemampuan pengembangan produk baru dengan orientasi pasar.
- 2) Membina divisi yang memiliki produk pemasaran dan kemampuan teknologi.
 - 3) Mengawasi kegiatan operasional divisi di bawah tanggung jawab.
 - 4) Menilai hasil kerja setiap unit serta menetapkan tindak lanjut pembinaan yang diperlukan untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapinya.

2.6.6 Direktur Pengembangan Bisnis

Direktur pengembangan bisnis memiliki tugas dan tanggung jawab sebagai berikut:

- 1) Melakukan usaha-usaha untuk pengembangan produk-produk telekomunikasi, baik produk sentral, terminal, transmisi dan produk-produk lainnya secara efektif dan efisien.
- 2) Melakukan studi analisa dengan mendalami tentang perkembangan sistem telekomunikasi dalam menentukan peluang bisnis.
- 3) Memimpin pemberian bantuan kepada unit yang membutuhkan dalam pemberian kualitas komponen untuk usaha multi *sourching*.
- 4) Memberikan bantuan teknis kepada fungsi produksi dalam membuat produksi yang dikembangkan.

2.7 Bidang Pekerjaan Perusahaan

Ruang lingkup bisnis INTI difokuskan pada penyediaan jasa dalam bidang informasi dan telekomunikasi atau infokom, yang terdiri dari:

- *Infrastructure Development Support*
- *Infokom Operational dan maintenance Support*
- *Infocom System & Technology integration*
- *Infocom Total Solution Provider*

Selain itu, INTI juga melakukan penjualan produk *software* dan produk jasa multimedia.

Sesuai dengan perkembangan teknologi dan tuntutan pasar, INTI membagi kegiatan bisnisnya menjadi 5 (lima) bidang kegiatan antara lain sebagai berikut:

- 1) Jaringan Telekomunikasi Tetap (JTT)
- 2) Jaringan Telekomunikasi Selular (JTS)
- 3) Jasa Integrasi Teknologi (JIT)
- 4) Jaringan Telekomunikasi Privat (JTP)
- 5) Outside plant (OSP)

2.8 Produk, Pasar dan Kompetensi Perusahaan

Adapun produk, pasar dan kompetensi perusahaan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Produk, Pasar dan Kompetensi Perusahaan

Produk	Pasar	Kompetensi
Jaringan Telekomunikasi Tetap (JTT)	Operator Telekomunikasi Tetap	Integrasi Sistem <ul style="list-style-type: none">• Jaringan Tetap• Pita Sempit dan Pita Lebar
Jaringan Telekomunikasi Selular (JTS)	Operator Telekomunikasi Selular	Integrasi Sistem <ul style="list-style-type: none">• Jaringan Selular• Pita Sempit dan Pita Lebar

Jasa Integrasi Teknologi (JIT)	Operator Telekomunikasi dan Koorporasi Publik	Produk Asli dan Kapabilitas <ul style="list-style-type: none"> • Desain Rekayasa • <i>Network Management Tools</i> • <i>Customer Premises Equipment (CPE)</i> • <i>Civil, Mechanical and Electrical (CME)</i> • Solusi Teknologi
Jaringan Telekomunikasi Privat (JTP)	Non Operator Telekomunikasi Tetap dan Non Operator Telekomunikasi Selular	Integrasi Sistem <ul style="list-style-type: none"> • <i>Enterprise</i> • <i>Private Network</i> • <i>Defense Communication System</i>
<i>Outside Plant (OSP)</i>	Operator Telekomunikasi Tetap dan Selular	Instalasi dan <i>Maintanance</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Cabling / Wiring</i> • <i>Duct, Poles, Tower, Repeater, dll.</i> • Jaringan tetap dan selular

BAB III

PELAKSANAAN KERJA PRAKTIK

3.1 Pembahasan

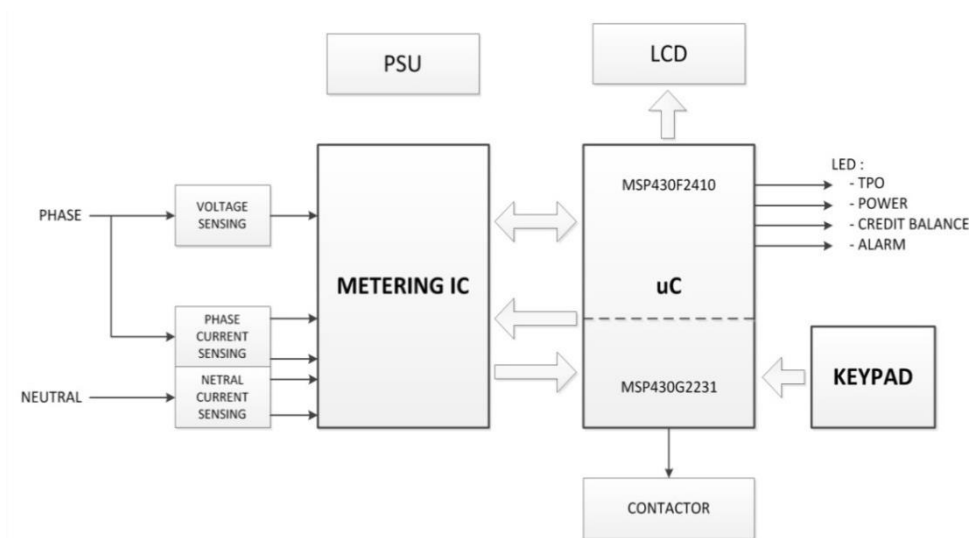
3.1.1 Latar Belakang

Saat ini mikrokontroler sudah banyak digunakan di berbagai macam bidang seperti: energi alternatif, alat elektronik, industri, kesehatan, keamanan & keselamatan, dan sistem jaringan listrik (*smart grid & smart meters*).

Banyaknya penggunaan mikrokontroler ini dikarenakan mikrokontroler dapat diprogram untuk banyak aplikasi dan mikrokontroler dapat diprogram ulang ketika dibutuhkan perubahan. Mikrokontroler yang beredar saat ini terdiri dari berbagai macam jenis dan spesifikasi. Oleh karenanya, dalam menentukan jenis mikrokontroler yang akan digunakan perlu diketahui terlebih dahulu spesifikasinya apakah dapat sesuai dengan pengaplikasiannya nanti. Selain itu, dalam memprogram mikrokontroler dibutuhkan pengetahuan akan cara kerja dan bagian-bagian yang terdapat pada mikrokontroler yang akan digunakan (arsitektur mikrokontroler) agar nantinya mikrokontroler dapat bekerja maksimal sesuai dengan yang dibutuhkan.

Salah satu produk dari PT. INTI yang menggunakan mikrokontroler adalah KWH Meter digital prabayar. Dapat dilihat pada gambar 3.1, KWH meter digital ini menggunakan 2 buah mikrokontroler produksi Texas Instrument yaitu MSP430F2410 dan MSP430G2231. Hal terpenting dalam KWH meter adalah keakuratan, oleh karena itu setiap komponen penyusun KWH meter digital ini harus bekerja dengan baik, tidak terkecuali kedua mikrokontroler tersebut.

Hal inilah yang mendorong penulis untuk mempelajari mikrokontroler MSP430G2231 dan akan penulis jelaskan hal-hal yang telah penulis pelajari selama kerja praktik dalam laporan ini.



Gambar 3.1 Arsitektur KWH Meter Digital Produksi PT. INTI (Persero)

3.1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari pelaksanaan kerja praktik yang telah dilakukan adalah untuk mempelajari dan memahami arsitektur serta fungsi-fungsi dari blok-blok (periferal) yang terdapat di dalam mikrokontroler MSP430G2231 yang telah digunakan pada salah satu produk PT. INTI yaitu KWH meter digital.

3.1.3 Pembatasan Masalah

Adapun batasan-batasan dari penulisan laporan ini adalah sebagai berikut:

- Materi yang dibahas merupakan materi yang telah dipelajari selama pelaksanaan kerja praktik.
- Dalam pembahasan materi, pendekatan yang dilakukan penulis adalah dengan meninjau tampilan luar dari mikrokontroler dalam hal ini adalah kemasan mikrokontroler (pinout) serta meninjau tampilan dalam dari mikrokontroler dalam hal ini adalah blok diagram (arsitektur).
- Pembahasan hanya mengenai fungsi dari setiap pinout serta fungsi dan cara kerja secara umum mengenai blok-blok (periferal) yang terdapat dalam mikrokontroler MSP430G2231.

3.2 Kerja Praktek di Perusahaan

PT. INTI (Persero) memiliki beberapa divisi, salah satunya adalah divisi pengembangan produk (PENGPROD). Sesuai dengan namanya, divisi ini memiliki tugas untuk mengembangkan produk baik yang sudah diproduksi maupun produk yang akan diproduksi. Maka dari itu pada divisi inilah beberapa bidang keilmuan tidak terkecuali elektronika diaplikasikan untuk dapat dijadikan sebuah produk nantinya.

Penulis melaksanakan kerja praktik di divisi Pengembangan Produk (PENGPROD) PT. INTI (Persero) yang bertempat di lantai 4 Gedung Pusat Teknologi (GPT), Jalan Moch. Toha No.77 Bandung. Adapun waktu pelaksanaannya yaitu pada tanggal 17 Juni s/d 31 Juli 2013.

Kegiatan yang dilakukan penulis selama kerja praktik lebih banyak dihabiskan untuk mempelajari MSP430G2231 dengan membaca buku mengenai mikrokontroler MSP430, buku pedoman penggunaan (*user's guide*), *data sheet* dan artikel-artikel di internet. Penulis pun mencoba mempraktikan program-program sederhana seperti program pengetesan sensor suhu yang berada di dalam mikrokontroler MSP430G2231 dan program pengetesan sistem *clock* dengan melihat LED pada MSP430 *launchpad* (*experimenter board*).

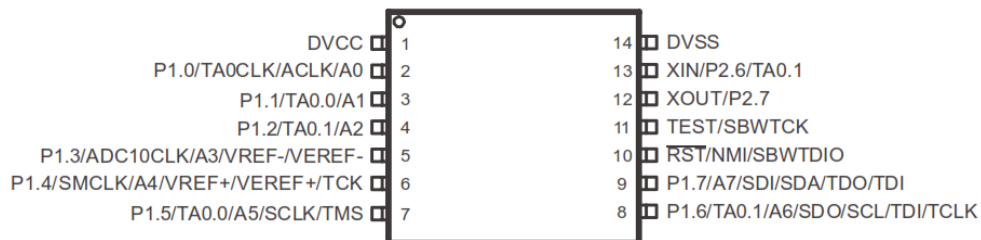
Namun selain itu, penulis juga mempelajari beberapa hal secara umum (tidak rinci), khususnya hal-hal yang berkaitan dengan *smart electricity meter*. Beberapa hal yang dipelajari tersebut yaitu 4GPLC pada sistem jaringan listrik pintar dan sistem ekologis untuk distribusi & manajemen energi, yang sedang dikembangkan oleh Perusahaan *Enverv* dan mempelajari sedikit tentang *Orthogonal Frequency-Divison Multiplexing* (OFDM).

Penulis pun mendapatkan kesempatan untuk mengikuti seminar pada kegiatan “APLMF (*Asia Pasific Legal Metrology Forum*) Training Course on *Smart Electricity Meters*” yang pada saat itu diadakan di PT. INTI. Seminar ini membahas *smart electricity meters* (KWH meter) yang sudah dan akan digunakan di beberapa negara seperti Indonesia dan Cina. Dan tentu saja seminar ini lebih banyak membahasnya dari sudut pandang ilmu Metrologi.

3.3 Materi Kerja Praktek (Mikrokontroler MSP430G2231)

MSP430G2231 termasuk ke dalam keluarga mikrokontroler daya ultra-rendah yang diproduksi oleh Texas Instrument. MSP itu sendiri merupakan singkatan dari *Mixed Signal Processors*. Sehingga dalam pengaplikasiannya mikrokontroler ini dapat menangani dengan baik sinyal analog maupun digital. Fitur utama yang paling ditonjolkan dalam mikrokontroler ini adalah penggunaan daya yang rendah yaitu 220 μ A pada frekuensi 1MHz dan tegangan 2,2V (rentang tegangan sumber dari 1,8V hingga 3,6V).

MSP430G2231 diproduksi dalam tiga jenis model kemasan yaitu 14 pin *Plastic Thin Shrink Small-Outline Package* (TSSOP) (PW), 14 pin *Plastic Dual Inline Package* (PDIP) (N) dan 16 pin *Quad-Flatpack No-leads* (QFN) (RSA). Yang membedakan dari kemasan 14 pin dan 16 pin adalah adanya pemisahan koneksi daya analog dan digital pada kemasan 16 pin yang bertujuan untuk performa yang lebih baik.



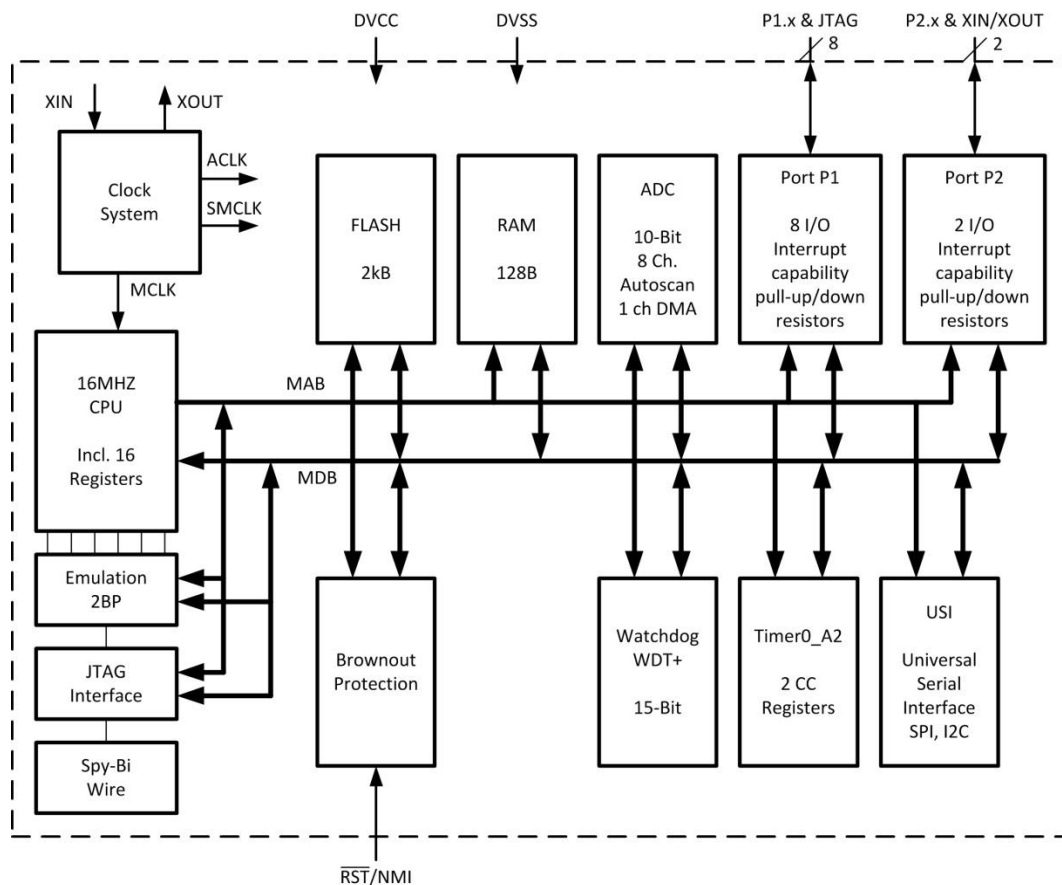
Gambar 3.2 Output pin MSP430G2231 model kemasan PW dan N

Output pin untuk kemasan PW dan N dapat dilihat pada Gambar 3.2. Dapat dilihat bahwa setiap pin output memiliki beberapa fungsi yang berbeda. Ini merupakan ciri khas dari mikrokontroler kecil dimana mikrokontroler diintegrasikan dengan fungsi yang banyak pada kemasan sekecil mungkin. Penjelasan yang lebih rinci mengenai fungsi setiap pin dapat dilihat di Tabel Fungsi Pin pada lampiran. Berikut adalah penjelasan secara garis besar dari fungsi setiap pin:

- DVCC dan DVSS merupakan pin untuk tegangan sumber dan Ground (tegangan analog dan digital terpisah untuk kemasan 16 pin)

- P1.0 – P1.7, P2.6, dan P2.7 merupakan pin untuk input atau output digital, dikelompokkan menjadi port 1 dan port 2.
- TA0CLK, TA0.0, dan TA0.1 merupakan pin yang berhubungan dengan Timer_A2. TACLK dapat digunakan sebagai input clock untuk timer sedangkan TA0.0 dan TA0.1 dapat menjadi input/output. Kedua ini dapat digunakan pada beberapa pin karena pentingnya timer.
- A0 – A7, ADC10CLK, VREF±, dan VREF± merupakan pin yang berhubungan dengan *analog to digital converter* (ADC10). ADC10 memiliki 8 kanal. VREF+ merupakan tegangan referensi positif sedangkan VREF- merupakan tegangan referensi negatif untuk ADC10.
- ACLK dan SMCLK merupakan pin untuk output sinyal clock mikrokontroler. Ini dapat digunakan untuk memasok clock ke komponen eksternal atau untuk keperluan diagnosis.
- SCLK, SDO, SDI, SCL, dan SDA merupakan pin untuk *Universal Serial Interface* (USI), yang digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat eksternal melalui mode Serial Peripheral Interface (SPI) atau Inter-Integrated Circuit (I²C).
- XIN dan XOUT merupakan pin untuk crystal, yang dapat digunakan untuk menghasilkan frekuensi clock yang akurat dan stabil.
- \overline{RST} merupakan pin untuk sinyal reset (*active low*). Ini berarti untuk mereset mikrokontroler \overline{RST} harus diberi sinyal yang mendekati nilai VSS.
- NMI merupakan pin input Nonmaskable Interrupt, yang memungkinkan sinyal eksternal untuk memberikan Interupsi pada program.
- TCK, TMS, TCLK, TDI, TDO dan TEST merupakan pin untuk antarmuka JTAG, yang digunakan untuk memprogram dan *debugging* mikrokontroler.
- SBWTDIO dan SBWTCK merupakan pin untuk antarmuka Spy-Bi-Wire, sebuah alternatif lain dari JTAG yang lebih menghemat penggunaan pin.

Semua pin dapat digunakan dan dikonfigurasi melalui program kecuali VCC dan VSS untuk daya dan TEST/SBWTCK yang disediakan untuk *debugging*.



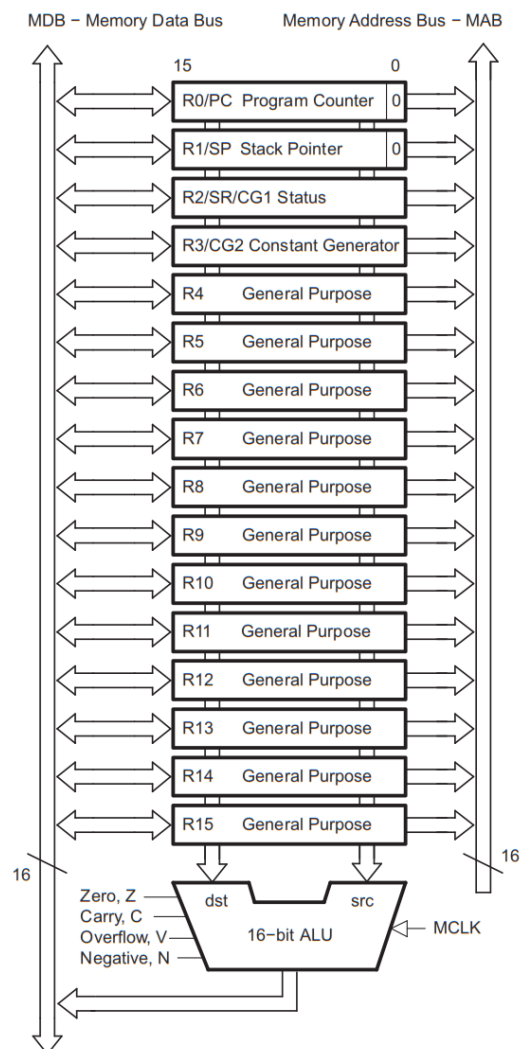
Gambar 3.3 Blok diagram fungsi MSP430G2231

Gambar 3.3 diatas menunjukkan blok diagram dari MSP430G2231. Dapat dilihat disisi kiri terdapat CPU dan beberapa perangkat pendukungnya, termasuk Clock System. Emulation, JTAG Interface dan Spy-Bi Wire digunakan untuk berkomunikasi dengan komputer saat memasukan program dan *debugging*. Terdapat memori Flash sebesar 2kB dan memori RAM sebesar 128 Byte. Selain itu terdapat beberapa blok pendukung lainnya seperti ADC, port input/output, Timer0_A2, USI, Watchdog Timer, dan Brownout Protection yang tentu saja memiliki fungsi yang berbeda-beda. Setiap blok terhubung pada Memory Address Bus (MAB) dan Memory Data Bus (MDB). Terdapat konektor Ground dan Power Supply. Ground diberi label DVSS dan untuk tegangan sumber adalah DVCC.

3.3.1 CPU

CPU berfungsi untuk mengeksekusi instruksi-instruksi yang berada di memori. CPU pada MSP430G2231 merupakan CPU jenis RISC (*Reduced Instruction Set Computer*).

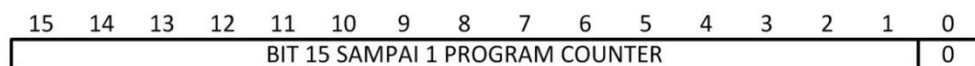
Pada CPU terdapat ALU (Arithmetic Logic Unit) dan register-register yang dibutuhkan dalam pengoperasian. MSP430G2231 memiliki 4 register berfungsi khusus (*special-purpose*) dan 12 register berfungsi umum (*general-purpose*) dimana setiap register dapat diakses dengan cara yang sama. Adapun register-register tersebut yaitu:



Gambar 3.4 Blok Diagram CPU

3.3.1.1 Program Counter

Register 16-bit ini berisi alamat dari instruksi selanjutnya yang akan dieksekusi. Instruksi terdiri dari 1-3 word (2/4/6 byte) yang harus selaras dengan alamat sehingga LSB dari PC diprogram 0. Siklus eksekusi biasa yaitu menempatkan isi dari PC pada alamat bus dan instruksi berikutnya diambil dari alamat ini. Nilai pada PC secara otomatis meningkat sesuai dengan jumlah byte pada instruksi tersebut setiap pengambilan sehingga word berikutnya siap untuk diambil. Satu atau dua word selanjutnya dapat diambil jika instruksi membutuhkannya. Saat salah satu sudah dieksekusi, PC bersiap dengan alamat pada instruksi selanjutnya. Sehingga instruksi akan dieksekusi secara berurutan kecuali terdapat lompatan (jump). Dalam hal ini alamat dari instruksi baru dihasilkan dari operasi yang sedang dijalankan dan ditulis nilainya di PC. Subrutin dan interupsi juga memodifikasi nilai PC namun dalam hal ini nilai sebelumnya disimpan di stack dan nantinya akan dikembalikan.



Gambar 3.5 Program Counter

3.3.1.2 Stack Pointer

Saat sebuah subrutin dipanggil, CPU harus melompat ke subrutin tersebut, mengeksekusi kode yang terdapat di sana, dan menyelesaikannya dengan kembali ke instruksi setelah panggilan. Oleh karenanya sebelum melompat ke subrutin perlu diketahui dulu isi dari PC sehingga nantinya dapat kembali lagi. Inilah fungsi dari Stack, yang dikenal sebagai struktur data LIFO (*Last In-First Out*) dimana data yang paling akhir ditambahkan merupakan data yang harus terlebih dahulu dikeluarkan. Namun pada kenyataannya CPU dapat membaca seluruh memori pada stack, bukan hanya pada puncaknya. Di sisi lain, akan terdapat masalah jika CPU mencoba membaca memori dari Stack yang kosong.

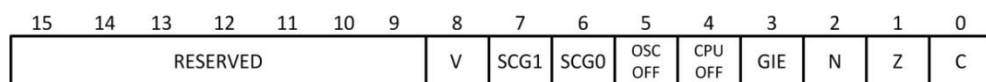
Pada MSP430G2231 Stack dialokasikan di bagian atas RAM berfungsi umum (*general-purpose*) dan arah pertumbuhannya ke alamat yang rendah. Stack Pointer menyimpan alamat dari bagian atas stack yang pada kenyataannya berada pada alamat terendah yang aktif di memori.



Gambar 3.6 Stack Pointer

3.3.1.3 Status Register

Pada register ini berisi kumpulan Flag (bit) yang fungsinya dibagi menjadi 3 kategori.



Gambar 3.7 Status Register

- **Hasil dari operasi aritmatik atau logik**

Terdapat Flag C, Z, N, dan V. Bit-bit ini dipengaruhi oleh banyak instruksi yang dilakukan oleh ALU.

- Fungsi utama dari C Flag (*Carry*) adalah untuk menunjukkan bahwa hasil dari operasi aritmatik terlalu besar untuk disimpan dalam ruang yang dialokasikan. Carry Flag juga berguna dalam rotasi dan pergeseran. Selain itu Carry Flag kadang-kadang digunakan sebagai penyimpanan sementara untuk memindahkan sebuah bit dari satu register ke register lain atau ke subrutin.
- Fungsi dari Z Flag (*Zero*) adalah untuk menunjukkan bahwa hasil dari sebuah operasi adalah nol. Pengaplikasian Flag ini biasanya untuk memeriksa 2 buah nilai apakah sama. Caranya dengan mengurangi satu nilai dengan nilai yang satunya kemudian Flag Z diamati untuk mengetahui apakah hasilnya nol yang berarti kedua nilai tersebut sama.

- Fungsi dari N Flag (*Negative*) adalah untuk menunjukkan bahwa suatu nilai merupakan angka negatif. Flag N dibuat sama dengan MSB dari hasil.
- Fungsi dari V Flag (*Signed Overflow*) adalah untuk menunjukkan bahwa hasil dari operasi Signed memiliki Overflow meskipun tidak menghasilkan Carry.
- **Mengaktifkan interupsi**
 Dengan mengatur GIE (*General Interrupt Enable*) akan memungkinkan aktifnya Maskable Interrupts, asalkan sumber masing-masing interupsi telah diaktifkan. Dengan mengkosongkan bit akan menonaktifkan semua Maskable Interrupt. GIE tidak dapat menonaktifkan Nonmaskable Interrupt.
- **Kontrol mode daya rendah (Low-Power)**
 Terdapat bit CPUOFF, OSCOFF, SCG0, dan SCG1 yang mengontrol mode operasi dari mikrokontroler. Semua sistem akan beroperasi sepenuhnya jika semua bit ini dikosongkan. Dengan mengatur kombinasi bit-bit ini akan menjadikan mikrokontroler bekerja pada salah satu mode daya-rendah.

3.3.1.4 Constant Generator Register CG1 & CG2

Kedua register, R2/CG1 dan R3/CG2 digunakan untuk menyediakan 6 konstanta yang paling umum digunakan. Ini akan menghemat dalam penyimpanan nilai-nilai dalam program dan tidak harus mengambil nilai-nilai tersebut setiap kali. Operasi bergantung pada source-register addressing mode (As).

3.3.1.5 General-Purpose Register

12 register berikutnya, R4-R15 merupakan General-purpose register yang berarti register-register ini tidak memiliki tujuan khusus sehingga dapat digunakan sebagai data register, address pointer, atau index values. Register ini dapat diakses dengan instruksi byte atau word.

3.3.2 Memori dan Pengalamatan

Memori digambarkan seperti tumpukan kotak. Setiap kotak atau lokasi ini sering disebut dengan register. Setiap register menyimpan 1 byte (8 bit) dan ini merupakan jumlah terkecil yang dapat dikirim ke dan dari memori. Lebar memory address bus pada mikrokontroler ini yaitu 16 bit sehingga terdapat $2^{16} = 64K$ atau 10000h alamat yang memungkinkan, dari 0000h sampai FFFFh. Meskipun pada kenyataannya tidak terdapat register pada beberapa Address.

Lebar Memory Data Bus yang 16-bit memungkinkan untuk mengirim data berukuran word (16-bit) atau berukuran byte (8-bit). Data berukuran byte dapat dikirim ke semua alamat tetapi untuk data berukuran word tidak dapat dikirim ke semua alamat. Alamat dari sebuah data word didefinisikan sebagai alamat dari byte dengan alamat yang lebih rendah dan harus genap. Dengan demikian dua buah data byte di alamat 0200h dan 0201h dapat dikatakan sebagai data word yang valid dengan alamat 0200h, dan ini dapat diambil dengan hanya satu kali siklus bus. Namun disisi lain, tidak mungkin untuk mengatakan dua buah data byte di alamat 0201h dan 0202h sebagai sebuah data word karena alamat akan menjadi 0201h dan hal ini tidak valid. Sehingga instruksi-instruksi yang tersusun atas data word harus terletak pada alamat yang genap.

0x0206	...					} word
0x0205	15, msb	14	... bits...	9	8	
0x0204	7	6	... bits...	1	0, lsb	
0x0203	byte					} byte
0x0202	7, msb	6	... bits...	1	0, lsb	
0x0201	more significant byte, MSB					} word
0x0200	less significant byte, LSB					
0x01FF	...					

Gambar 3.8 Pengurutan data bit, byte dan word pada memori

Dalam penyimpanan data word (akan dibagi menjadi dua buah data byte *low-order* dan *high-order*), MSP430G2231 menggunakan sistem “*Little-Endian Ordering*” dimana data byte yang terdapat *less significant byte (low-order)* akan disimpan di alamat yang lebih kecil sedangkan data byte yang terdapat *more significant byte (high-order)* akan disimpan di alamat yang lebih besar.

Arsitektur memori pada MSP430 termasuk ke dalam jenis von Neumann atau Princeton, yang dimana hanya terdapat satu sistem memori. Ini berarti hanya terdapat satu set alamat yang mencakup *volatile memory* (RAM) dan juga *nonvolatile memory* (ROM). Oleh karenanya sangat penting untuk mengetahui peta memori yang menunjukkan alamat dimana masing-masing jenis memori berada. Sistem memori von Neumann pada dasarnya kurang efisien karena untuk dapat mengekstrak instruksi dari memori secara lengkap mungkin dibutuhkan beberapa siklus memori. Namun sistem memori ini lebih sederhana dan tidak adanya perbedaan untuk mengakses ke data konstan maupun ke data variabel.

Access		
FFFFh FFC0h FFBFh	Interrupt Vector Table	Word/Byte
F800h F7FFh	Flash/ROM	Word/Byte
1100h 10FFh	Flash/ROM Information memory	Word/Byte
1000h 0FFFh		
0280h 027Fh 0200h 01FFh	RAM	Word/Byte
0100h	16-Bit peripheral Modules	Word
00FFh 0010h	8-Bit Peripheral Modules	Byte
000Fh 0000h	Spesial Function Registers	Byte

Gambar 3.9 Peta memori MSP430G2231

Gambar 3.9 menunjukkan peta memori dari MSP430G2231. Pada skala besar, peta memori menunjukkan jenis memori pada setiap alamat dan menunjukkan alamat yang tidak digunakan. Pada skala yang lebih kecil, peta memori menunjukkan alamat dan fungsi dari masing-masing register. CPU sendiri hanya mampu membaca alamat numerik dari masing-masing register namun untuk mempermudah dalam memprogramnya dibuatlah standar nama-nama dari setiap register.

Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai beberapa wilayah:

3.3.2.1 Special Function Registers

Wilayah ini sebagian besar berfungsi untuk mengaktifkan fungsi dari beberapa modul serta mengaktifkan dan memberi sinyal Interupsi dari periferal. *Special Function Register* ini berisikan bit-bit untuk mengaktifkan Interupsi dan modul yang disimpan di ruang alamat terendah yaitu pada alamat 000Fh hingga 0000h.

Tabel 3.1 *Special Function Register*

Register	Nama Register	Alamat
SFR interrupt flag 2	IFG2	03h
SFR interrupt flag 1	IFG1	02h
SFR interrupt enable 2	IE2	01h
SFR interrupt enable 1	IE1	00h

3.3.2.2 Register Periferal

Modul/register periferal dibedakan menjadi dua yaitu register periferal yang harus diakses dengan data byte dan register periferal yang harus diakses dengan data word. Cara ini berguna untuk menghindari pemborosan alamat karena jika akses data byte dan word disatukan, akan membutuhkan banyak byte yang tidak digunakan untuk memastikan bahwa word berada pada alamat yang genap. Fungsi utama dari register-register di wilayah ini adalah untuk menyediakan komunikasi utama antara CPU dan periferal.

Register-regiter periferal akan ditampilkan disetiap sub-bab mengenai periferal tersebut.

3.3.2.3 RAM

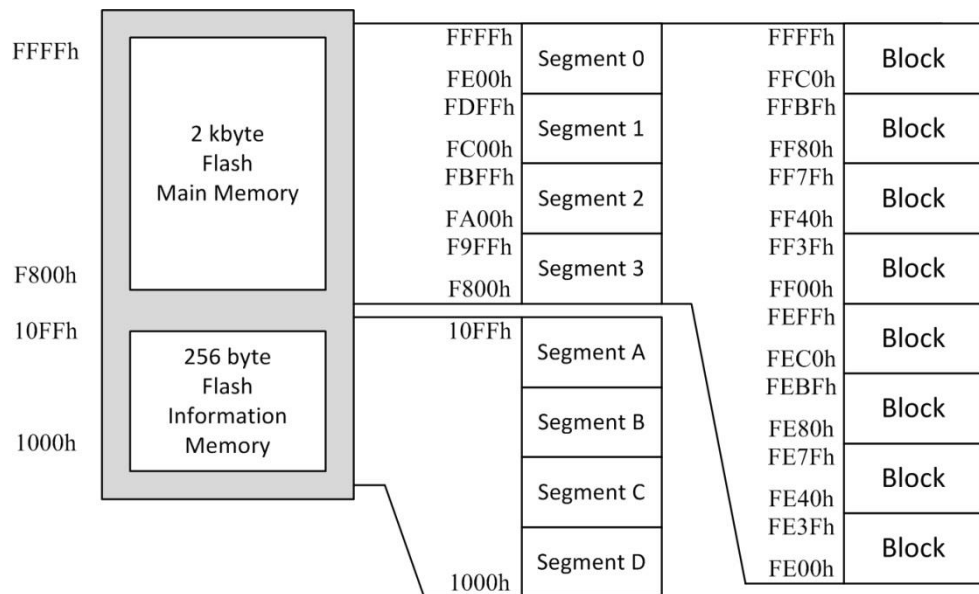
RAM termasuk ke dalam volatile memory. Jenis RAM yang digunakan yaitu RAM statis, RAM jenis ini akan mempertahankan data meskipun clock dihentikan asalkan tetap diberi daya. RAM digunakan untuk data variabel. MSP430G2231 memiliki RAM sebesar 128B yang dimulai dari alamat 0200h hingga 027Fh.

3.3.2.4 Flash Memory

Flash Memory atau EEPROM termasuk ke dalam nonvolatile memory karena merupakan salah satu jenis ROM. Walaupun disebut ROM (*Read Only Memory*), kebanyakan mikrokontroler saat ini termasuk MSP430G2231 dapat menulis ke nonvolatile memory tetapi jauh lebih lambat dan rumit dibandingkan menulis ke RAM. Flash Memory dapat diprogram dan dihapus secara elektrik.

Flash Memory pada MSP430 dapat diakses dan diprogram dalam ukuran bit, byte dan word. Modul Flash Memory memiliki kontroler terintegrasi yang mengontrol program dan menghapus instruksi. Kontroler ini memiliki 4 register, sebuah timing generator, dan sebuah voltage generator yang berfungsi memasok tegangan untuk memprogram maupun menghapus.

Flash Memory dibagi menjadi segmen. Data bit, byte, maupun word dapat ditulis ke Flash Memory, namun segmen adalah ukuran terkecil dari Flash Memory yang dapat dihapus. Segmen kemudian dibagi lagi menjadi blok. Selain itu, Flash Memory dipartisi dalam dua bagian yaitu Information Flash dan Main Flash. Information Flash ditujukan untuk penyimpanan data nonvolatile seperti alamat untuk jaringan atau data variabel yang harus dipertahankan meskipun daya dihilangkan.



Gambar 3.10 Segment pada Flash Memory

Information Memory memiliki 4 buah segmen 64 Byte sehingga totalnya 256B. Information memory ditata dengan segmen yang lebih kecil dari main memory bertujuan untuk memudahkan dalam menghapus dan menulis ulang. Pada segmen A berisikan data kalibrasi pabrik untuk DCO.

Main Memory pada MSP430G2231 memiliki 4 buah segmen 512 Byte. Hal ini menjelaskan bahwa ketika sebuah mikrokontroler (contohnya MSP430G2231) dinotasikan memiliki “2kB” Flash, itu mengacu pada Main Memory-nya. Main memory sendiri dibagi lagi menjadi dua yaitu code memory dan interrupt vector (akan dijelaskan lebih dalam disubbab berikutnya). Code memory memiliki fungsi sebagai tempat penyimpanan data program dan data konstan.

Untuk mengetahui lokasi dan jumlah setiap bagian Flash Memory MSP430G2231 dapat melihat Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Pengorganisasian Memori

Memory	Size	2kB
Main: Interrupt Vector	Flash	FFFFh – FFC0h
Main: Code Memory	Flash	FFFFh – F800h

Information memory	Size Flash	256 Byte 10FFh – 1000h
RAM	Size	128B 027Fh – 0200h
Peripherals	16 bit 8 bit 8 bit SFR	01FFh – 0100h 0FFh – 010h 0Fh – 00h

Tabel 3.3 Flash Memory Register

Register	Nama Register	Tipe Register	Address
Flash control 3	FCTL3	Read/Write	012Ch
Flash control 2	FCTL2	Read/Write	012Ah
Flash control 1	FCTL1	Read/Write	0128h

3.3.2.5 Vector interupsi dan Reset

Pada kenyataannya *Interrupt and Reset Vector Table* merupakan bagian dari Flash Memory. Ini biasanya digunakan untuk menangani "pengecualian (*Exceptions*)". Terdapat dua kelas pengecualian yaitu ketika operasi normal dari prosessor diberi Interrupt atau ketika perangkat direset. Adapun penjelasan mengenai Interrupt dan Reset adalah sebagai berikut:

- Interrupt: Biasanya dihasilkan oleh perangkat keras (Meskipun dapat dimulai oleh perangkat lunak) dan sering menunjukkan bahwa terdapat sebuah peristiwa yang terjadi dan membutuhkan respon segera. Contohnya, sebuah paket data diterima dan harus diproses sebelum paket data berikutnya tiba. Prosessor menghentikan proses yang sedang dilakukan, menyimpan informasi (isi dari Program Counter dan Status Register) yang cukup untuk melanjutkannya nanti. Kemudian prosessor langsung mengeksekusi *Interrupt Service*

Routine (ISR). Setelah ISR dieksekusi, prosessor akan kembali ke aktivitas yang sebelumnya telah disimpan. Jadi ISR adalah sesuatu seperti subrutin yang dipanggil oleh perangkat keras (pada waktu yang tak terduga). Penggunaan Interrupt lainnya yang sangat penting pada MSP430G2231 adalah untuk membangunkan prosessor dari keadaan rendah daya.

- Reset: Ini biasanya dihasilkan oleh perangkat keras saat suatu masalah terjadi dan operasi normal tidak dapat dilanjutkan. Hal ini dapat terjadi secara tidak sengaja jika Watchdog Timer tidak dinonaktifkan. Reset menyebabkan perangkat untuk memulai kembali dari keadaan yang jelas (awal).

CPU harus diberitahu kemana harus mengambil instruksi selanjutnya setelah sebuah Interrupt atau Reset. Alamat dari instruksi inilah yang disebut dengan Vector dan dapat dapat ditentukan dengan cara yang berbeda. Cara paling sederhana adalah dengan memiliki vektor tunggal untuk me-reset dan satu lagi untuk semua Interrupt. Masalah dari metode ini adalah bahwa *Interrupt Service Routine* tidak mengetahui apa yang menyebabkan Interrupt sehingga harus terlebih dahulu memeriksa semua Flag untuk dapat mengetahuinya. Tentu saja ini membutuhkan proses yang panjang dan hal ini menjadi bertentangan dengan tujuan dalam menggunakan Interrupt yaitu untuk mengeksekusi segera tugas-tugas yang mendesak.

Sebagai gantinya MSP430G2231 menggunakan Interrupt Vector. Dimana setiap ISR memiliki vektor sendiri yang disimpan di alamat yang sudah ditetapkan dalam vektor table pada akhir flash memory (FFC0h hingga FFFFh). Alamat untuk setiap Interrupt Vector dapat dilihat pada Tabel 3.4. Vector Table berada di lokasi yang tetap, namun ISR dapat disimpan dimana saja dalam memori. Dengan begitu tidak perlu untuk mencari sumber Interrupt, meskipun beberapa Interrupt memiliki beberapa sumber.

Sebagai contoh, vektor interupsi untuk Watchdog Timer disimpan di alamat FFF4h. Ketika Watchdog Timer meminta interupsi, prosessor mengambil vektor dari data word yang disimpan pada FFF4h, memuatnya ke dalam program counter, dan kemudian mengambil instruksi berikutnya dari alamat ini untuk memulai ISR .

Metode yang sama digunakan untuk reset, vektor yang disimpan dalam data word terakhir dari memori yaitu pada FFFEh. Ketika reset terjadi, kebanyakan register dalam perangkat diisikan dengan kondisi awal yang telah ditentukan. Program counter kemudian diisi dengan vektor reset. Ini merupakan alamat dari instruksi pertama, yang selanjutnya diambil dari memori untuk memulai operasi normal. Dengan demikian instruksi pertama dapat disimpan di mana saja di memori.

Adapun vektor, flag dan sumber interupsi pada MSP430G2231 dapat dilihat pada Tabel 3.4 di bawah ini. Non maskable maksudnya adalah bit pengaktif interupsi secara individu dapat menonaktifkan sebuah peristiwa interupsi, tetapi GIE (General Interrupt Enable) tidak bisa.

Tabel 3.4 Vektor, flag, dan sumber interupsi

Interrupt Source	Interrupt Flag	System Interrupt	Word Address	Priority
Power-up External Reset Watchdog Timer Flash key violation PC Out-of-range	PORIFG RSTIFG WDTIFG KEYV	Reset	FFFEh	31, highest
NMI Oscillator Fault Flash Memory Access violation	NMIIFG OFIFG ACCVIFG	Non- Maskable	FFFCh	30
			FFFAh	29
			FFF8h	28
			FFF6h	27

Watchdog Timer	WDTIFG	Maskable	FFF4h	26
Timer_A2	TACCR0 CCIFG	Maskable	FFF2h	25
Timer_A2	TACCR1 CCIFG TAIFG	Maskable	FFF0h	24
			FFEEh	23
			FFEC	22
ADC10	ADC10IFG	Maskable	FFEAh	21
USI	USIIFG, USISTTIFG	Maskable	FFE8h	20
I/O Port P2 (2 flags)	P2IFG.6 - P2IFG.7	Maskable	FFE6h	19
I/O Port P1 (8 flags)	P1IFG.0 – P1IFG.7	Maskable	FFE4h	18
			FFE2h	17
			FFE0h	16
			FFDEh – FFC0h	15 – 0, lowest

3.3.3 Digital I/O

Seperti pada mikrokontroler standar lainnya, dimana kebanyakan pin terhubung ke blok-blok khusus, namun saat blok-blok tersebut tidak diperlukan, pin dapat digunakan sebagai General-Purpose I/O. Dengan begitu setiap pin dapat dikonfigurasi untuk menjadi input atau output. Pin-pin ini kemudian dikelompokkan menjadi Port, dimana Port ini dikendalikan oleh sejumlah register.

Pada MSP430G2231, setiap pin memiliki pull-up/pull-down resistor yang dapat diprogram. MSP430G2231 memiliki 2 buah port, yaitu P1 dari P1.0 hingga P1.7 (8-bit) dan P2 dari P2.6 hingga P2.7 (2-bit).

Port P1 dan P2 memiliki kemampuan Interupsi. Setiap Interupsi pada P1 dan P2 dapat secara individu diaktifkan dan dikonfigurasi untuk memberikan Interupsi pada saat transisi naik (*rising edge*) atau pada saat transisi turun (*falling edge*) dari sinyal input.

Tabel 3.5 Digital I/O Register

Port	Register	Nama Register	Tipe Register	Address
2	Resistor enable	P2REN	Read/Write	2Fh
	Selection	P2SEL	Read/Write	2Eh
	Interrupt enable	P2IE	Read/Write	2Dh
	Interrupt edge select	P2IES	Read/Write	2Ch
	Interrupt flag	P2IFG	Read/Write	2Bh
	Direction	P2DIR	Read/Write	2Ah
	Output	P2OUT	Read/Write	29h
	Input	P2IN	Read	28h
1	Resistor enable	P1REN	Read/Write	27h
	Selection	P1SEL	Read/Write	26h
	Interrupt enable	P1IE	Read/Write	25h
	Interrupt edge select	P1IES	Read/Write	24h
	Interrupt flag	P1IFG	Read/Write	23h
	Direction	P1DIR	Read/Write	22h
	Output	P1OUT	Read/Write	21h
	Input	P1IN	Read	20h

3.3.4 Oscilltor dan Sistem Clock

Sistem Clock didukung oleh modul Clock sederhana yang mampu mensokong Watch Crystal Oscillator 32.768Hz, sebuah internal oscillator frekuensi rendah berdaya sangat rendah dan sebuah internal oscillator yang dikontrol secara digital (*Digitally Controlled Oscillator/ DCO*). Modul Clock sederhana ini didesain untuk dapat memenuhi fitur dari mikrokontroler ini yaitu konsumsi daya dan biaya sistem yang rendah.

Low-/High-Frequency Crystal Oscillator, LFXT1: digunakan untuk mensinkronkan MSP430G2231 dengan perangkat lainnya dalam sebuah sistem.

High-Frequency Crystal Oscillator, XT2:

Internal Very Low-Power, Low-Frequency Oscillator, VLO:

Digitally Crystal Oscillator, DCO: Pada dasarnya ini merupakan RC Oscillator yang dapat diprogram. DCO dapat mengaktifkan sumber Clock dan menyetabikannya kurang dari 1 μ s. MSP430G2231 hanya memiliki DCO pada frekuensi 1 MHz saja sehingga untuk frekuensi yang lebih tinggi harus dilakukan kalibrasi secara manual. Adapun untuk mengkalibrasinya dapat melalui register yang ditunjukkan oleh Tabel 3. di bawah. Register ini berada di segmen A Flash Information Memory.

Tabel 3.6 Data Kalibrasi DCO

Register Kalibrasi	Ukuran	Address
CALBC1_1MHZ	byte	10FFh
CALDCO_1MHZ	byte	10FEh

Adapun sinyal-sinyal Clock yang disediakan oleh Modul Clock sederhana adalah:

- Master Clock, MCLK digunakan pada CPU dan sedikit Peripheral.
- Subsystem Master Clock, SMCLK didistribusikan ke peripheral. MCLK dan SMCLK dipasok oleh internal DCO dan dikontrol oleh Frequency-Locked Loop (FLL). FLL mengunci pada frekuensi yang setara dengan 32 kali frekuensi ACLK yang berkisar 1MHz untuk Watch Crystal yang biasa.
- Auxilary Clock, ACLK didistribusikan ke peripheral. Berasal dari Low-Frequency Crystal Oscillator, biasanya 32 KHz.

Tabel 3.7 Clock Sytem Register

Register	Nama Register	Tipe Register	Address
Basic clock system control 3	BCSCTL3	Read/Write	53h
Basic clock system control 2	BCSCTL2	Read/Write	58h

Basic clock system control 1	BCSCTL1	Read/Write	57h
DCO clock frequency control	DCOCTL	Read/Write	56h

3.3.5 Timer_A2

Timer_A2 merupakan Timer/Counter 16-bit dengan 2 register Capture/Compare. Timer_A2 dapat mendukung Capture/Compare dalam jumlah banyak, keluaran PWM, dan pemilihan waktu interval. Timer_A2 juga memiliki kemampuan Interupsi yang luas. Dimana Interupsi dapat dihasilkan dari Counter saat kondisi Overflow dan dari setiap register Capture/Compare.

Tabel 3.8 Timer_A2 Register

Register	Nama Register	Tipe Register	Address
Capture/compare register 1	TACCR1	Read/Write	0174h
Capture/compare register 2	TACCR0	Read/Write	0172h
Timer_A register	TAR	Read/Write	0170h
Capture/compare control 1	TACCTL1	Read/Write	0164h
Capture/compare control 0	TACCTL0	Read/Write	0162h
Timer_A control	TACTL	Read/Write	0160h
Timer_A interrupt vector	TAIV	Read	012Eh

3.3.6 Watchdog Timer

Fungsi utama dari modul Watchdog Timer (WDT+) adalah untuk mengontrol sistem *restart*. Watchdog Timer akan mereset prosessor jika program mengalami masalah, biasanya terjadi *stuck* dalam loop yang tak terbatas. Jika waktu interval yang digunakan telah habis, maka sistem akan di-*reset*. Jika fungsi dari Watcdog Timer tidak diperlukan dalam sebuah program, modul ini dapat dinonaktifkan atau dikonfigurasi sebagai pengatur waktu interval yang dapat menghasilkan Interupsi pada interval waktu yang dipilih.

Tabel 3.9 Watchdog Timer Register

Register	Nama Register	Tipe Register	Address
Watchdog Timer Control Register	WDTCTL	Read/Write	0120h

3.3.7 Brownout Protection

Rangkaian Brownout Protection diimplementasikan untuk memberikan sinyal reset internal yang tepat untuk perangkat selama daya menyala dan daya mati.

3.3.8 ADC10

MSP430G2231 memiliki modul ADC10 yang merupakan pengkonversi sinyal analog ke sinyal digital. Output dari ADC ini adalah 10bit. Modul ini diimplementasikan dari inti SAR 10 bit (*Successive Approximation Register*), Sample Select Control, generator referensi, dan Data Transfer Controller (DTC).

DTC memungkinkan sampel ADC10 untuk dikonversi dan disimpan di mana saja di memori tanpa ada intervensi dari CPU. Modul ini dapat dikonfigurasi dengan perangkat lunak pengguna untuk mendukung berbagai aplikasi.

Tabel 3.10 ADC10 Register

Register	Nama Register	Tipe Register	Address
ADC10 data transfer start address	AADC10SA	Read/Write	01BCh
ADC10 control register 0	ADC10CTL0	Read/Write	01B0h
ADC control register 1	ADC10CTL1	Read/Write	01B2h
ADC10 memory	ADC10MEM	Read	01B4h
ADC10 analog enable	ADC10AE0	Read/Write	4Ah
ADC10 data transfer control register 1	ADC10DTC1	Read/Write	49h

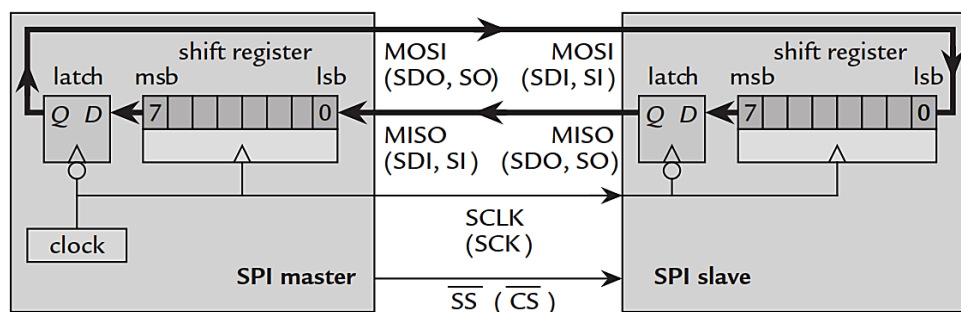
ADC10 data transfer control register 0	ADC10DTC0	Read/Write	48h
---	-----------	------------	-----

3.3.9 Universal Serial Interface

Peripheral komunikasi pada MSP430G2231 adalah USI (*Universal Serial Interface*). USI hanya dapat menangani 2 jenis protokol komunikasi yaitu SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan I²C (*Inter-Integrated Circuit*). Keduanya merupakan komunikasi serial, yang berarti hanya satu bit yang ditransfer setiap waktu tertentu. SPI dan I²C sering digunakan untuk berkomunikasi dengan memori eksternal, sensor dengan output digital, port expander, prosessor lainnya, dll. Dalam USI juga terdapat 8-bit atau 16-bit Shift Register, Clock Generator, Bit Counter, dan beberapa tambahan untuk membantu I²C. USI pun memiliki Interupsi untuk tetap menjaga kemampuan daya ultra-rendah dari mikrokontroler ini.

3.3.9.1 SPI

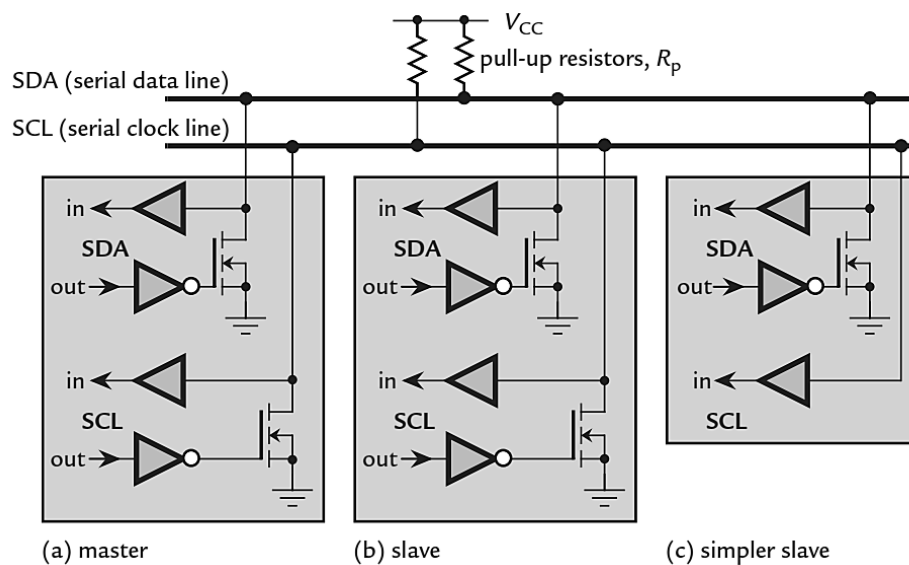
Gambar 3.11 menunjukkan konsep SPI untuk dua buah perangkat. Dapat dilihat pada gambar bahwa salah satu perangkat merupakan Master dan satunya lagi merupakan Slave. Master memiliki Clock yang digunakan untuk kedua perangkat dan sebuah sinyal untuk memilih/mengaktifkan Slave. Terdapat 2 buah jalur data yang dapat mengirimkan data secara simultan ke kedua arah antara dua perangkat (*Full Duplex*).



Gambar 3.11 SPI antara Master dan Slave

3.3.9.2 I²C

I²C hanya menggunakan 2 buah jalur *bidirectional* (2 arah) yaitu Serial Data (SDA) dan Serial Clock (SCL). Sehingga I²C sering disebut *two-wires interface*. Kelebihan penggunaan I²C adalah penghematan pin karena fungsionalitas dari jalurnya lebih maksimal. Namun hal ini memberikan kekurangan. Pertama, I²C lebih lambat dibandingkan dengan SPI karena adanya pengaturan agar tidak terjadi kerusakan yang disebabkan oleh dua node yang mencoba mengirimkan data secara bersamaan. Kedua, I²C membutuhkan perangkat yang lebih dari Shift Register biasa dan transmisi harus dikontrol oleh logik.



Gambar 3.12 I²C antara Master dan dua buah Slave

Tabel 3.11 USI register

Register	Nama Register	Type Register	Address
USI control register 0	USICTL0	Read/Write	078h
USI control register 1	USICTL1	Read/Write	079h
USI clock control	USICKCTL	Read/Write	07Ah
USI bit counter	USICNT	Read/Write	07Bh

USI low byte shift register	USISRL	Read/Write	07Ch
USI high byte shift register	USISRH	Read/Write	07Dh

3.3.10 Mode Operasi

MSP430G2231 memiliki mode pengoperasian, 1 mode aktif (*Active Mode*) dan 5 mode daya rendah (*Low-power Mode*) yang dapat dipilih melalui program. Sebuah Interupsi dapat membangunkan perangkat dari mode daya rendah apapun, kemudian mengeksekusinya dan kembali ke mode rendah daya yang digunakan. Adapun mode-mode pengoperasian tersebut adalah:

- Active Mode (AM), dimana semua Clock aktif
- Low-Power Mode 0 (LPM0), dimana CPU dan MCLK tidak aktif namun ACLK dan SMCLK tetap aktif.
- Low-Power Mode 1 (LPM1), dimana sistem pengoperasiannya sama dengan LPM0 namun ditambah dengan dc generator DCO tidak aktif jika DCO tidak digunakan di Active Mode.
- Low-Power Mode 2 (LPM2), dimana CPU, MCLK, dan SMCLK tidak aktif namun dc geerator DCO dan ACLK tetap aktif.
- Low-Power Mode 3 (LPM3), dimana CPU, MCLK, SMCLK, dan dc generator DCO tidak aktif namun ACLK tetap aktif.
- Low-Power Mode 4 (LPM4), dimana CPU, ACLK, MCLK, SMCLK, dc generator DCO dan Crystal Oscilator tidak aktif.

3.4 Kesimpulan Materi Kerja Praktik

MSP430G2231 merupakan mikrokontroler 16-bit rendah daya dengan 6 mode operasi. Terdapat 10 pin multi-fungsi yang dapat diatur fungsi dari setiap pinnya. Setiap pin ini nantinya akan terhubung ke periferal/bagian tertentu sesuai dengan fungsinya. Terdapat 6 periferal tambahan disamping CPU, memori, sistem clock dan sistem komunikasi yaitu ADC10, 2 buah Port input/output, USI, Timer_A2, Watchdog Timer dan Brownout Protection.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Setelah melakukan kegiatan kerja praktik ini penulis dapat menyimpulkan bahwa kegiatan kerja praktik merupakan salah satu kegiatan perkuliahan yang memberikan banyak manfaat. Adapun manfaat yang didapatkan oleh penulis dari kegiatan kerja praktik ini adalah sebagai berikut:

- Penulis mendapatkan gambaran mengenai dunia kerja yang sesungguhnya, terutama kompetensi-kompetensi yang dibutuhkan di dunia kerja.
- Penulis mendapatkan ilmu dan pengetahuan yang baru, umumnya mengenai teknologi dibidang *Smart Electricity Meter* dan khususnya mengenai arsitektur mikrokontroler MSP430G2231, periferal-periferal penyusunnya serta fungsi dari periferal-periferal tersebut

4.2 Saran

- Bagi mahasiswa yang ingin melaksanakan kerja praktik, sebaiknya menentukan terlebih dahulu materi apa yang akan dicari dalam kegiatan kerja praktik sehingga mahasiswa dapat menentukan perusahaan mana saja yang sekiranya dapat memberikan materi sesuai dengan apa yang diinginkan.
- Dalam melakukan kegiatan kerja praktik mahasiswa harus lebih aktif dalam menggali informasi atau ilmu sehingga kegiatan kerja praktik dapat menghasilkan manfaat yang maksimal.
- Bagi PT. INTI, sebaiknya ketika terdapat mahasiswa yang melaksanakan kerja praktik, mahasiswa tersebut diberikan program jadwal kegiatan yang teratur dan dapat lebih banyak mengikutsertakan mahasiswa dalam beberapa pekerjaan kecil sehingga mahasiswa dapat mengetahui lebih jelas bagaimana dunia kerja yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

Davies, John H. *MSP430 Microcontrollers Basics*. Burlington, Amerika Serikat: Newnes, 2008.

Litovsky, Gustavo. *Beginning Microcontrollers with The MSP430 Tutorial (Version 0.4)*. <http://www.glitovsky.com>

MSP430x2xx Family, User's Guide (SLAU144J) (Revisi Juli 2013)
<http://www.ti.com/msp430>

MSP430G2x21 MSP430G2x31 (SLAS694J) (Revisi Februari 2013)
<http://www.ti.com/msp430>

LAMPIRAN

FUNGSI TERMINAL

PIN		DESKRIPSI
NO	NAMA	
1	DVCC	<ul style="list-style-type: none"> Tegangan Sumber (1,8 – 3,6V)
2	P1.0/ TA0CLK/ ACLK/ A0	<ul style="list-style-type: none"> General-purpose digital I/O pin Timer0_A, input sinyal clock TACLK Output sinyal ACLK ADC10 analog input A0
3	P1.1/ TA0.0/ A1	<ul style="list-style-type: none"> General-purpose digital I/O pin Timer0_A, capture: CCI0A input, compare: Out0 output ADC10 analog input A1
4	P1.2/ TA0.1/ A2	<ul style="list-style-type: none"> General-purpose digital I/O pin Timer0_A, capture: CCI1A input, compare: Out1 output ADC10 analog input A2
5	P1.3/ ADC10CLK/ A3/ VREF-/VEREF	<ul style="list-style-type: none"> General-purpose digital I/O pin ADC10, output conversion clock ADC10 analog input A3 ADC10 tegangan referensi negatif
6	P1.4/ SMCLK/ A4/ VREF+/VEREF+/ TCK	<ul style="list-style-type: none"> General-purpose digital I/O pin Output sinyal SMCLK ADC10 analog input A4 ADC10 tegangan referensi positif JTAG test clock, pin input untuk memprogram dan penyetelan perangkat

7	P1.5/ TA0.0/ A5/ SCLK/ TMS	<ul style="list-style-type: none"> • General-purpose digital I/O pin • Timer0_A, compare: Out0 output • ADC10 analog input A5 • USI: input clock pada mode I²C; input/output clock pada mode SPI • JTAG pemilihan mode tes, input pin untuk memprogram dan pengetesan perangkat
8	P1.6/ TA0.1/ A6/ SDO/ SCL/ TDI/TCLK	<ul style="list-style-type: none"> • General-purpose digital I/O pin • Timer0_A, capture: CCI1A input, compare: Out1 output • ADC10 analog input A6 • USI: output data pada mode SPI • USI: clock I²C pada mode I²C • JTAG input data tes atau input clock tes saat memprogram dan pengetesan
9	P1.7/ A7/ SDI/ SDA/ TDO/TDI	<ul style="list-style-type: none"> • General-purpose digital I/O pin • ADC10 analog input A7 • USI: input data pada mode SPI • USI: data I²C pada mode I²C • JTAG pin output data tes atau input data tes saat memprogram dan pengetesan
10	\overline{RST} / NMI/ SBWTDIO	<ul style="list-style-type: none"> • Reset • input nonmaskable interrupt • Spy-Bi-Wire input/output data tes saat memprogram dan pengetesan
11	TEST/ SBWTCK	<ul style="list-style-type: none"> • Memilih mode tes pin JTAG pada port 1. Sekering pelindung perangkat terhubung ke TEST. • Spy-Bi-Wire input clock test saat memprogram dan pengetesan

12	XOUT/ P2.7	<ul style="list-style-type: none"> • Pin output untuk crystal oscillator • General-purpose digital I/O pin
13	XIN/ P2.6/ TA0.1	<ul style="list-style-type: none"> • Pin input untuk crystal oscillator • General-purpose digital I/O pin • Timer0_A, compare: Out1 output
14	DVSS	<ul style="list-style-type: none"> • Referensi Ground (0V)